

جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية
قسم هندسة الاتصالات

النظم المتنوعة في الاتصالات الرقمية المتعددة الوسائط

Diversity Systems in Digital Communication of Multimedia

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

إعداد المهندس خالد الحميد
طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم هندسةالاتصالات
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

٢٠٠٩ م
١٤٣٠هـ



جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية
قسم هندسة الاتصالات

النظم المتنوعة في الاتصالات الرقمية المتعددة الوسائط

Diversity Systems in Digital Communication of Multimedia

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

الدكتور المهندس عبد المنعم العبدالله
قسم هندسة الاتصالات
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

الدكتور المهندس ثائر داؤود
قسم هندسة الاتصالات
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

إعداد المهندس خالد الحميد
طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم هندسة الاتصالات
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

٢٠٠٩ م

١٤٣٠هـ

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح المهندس خالد الحميد تحت إشراف الدكتور عبد المنعم العبدالله (المشرف الرئيسي) الأستاذ المساعد في قسم هندسة الاتصالات من كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب والدكتور ثائر داؤود (المشرف المشارك) المدرس في قسم هندسة الاتصالات من كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب، و أن أية مراجع أخرى ذُكرت في هذا العمل موثقة في نص الرسالة.

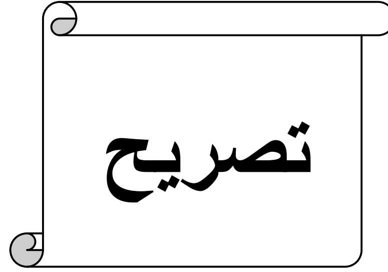
المرشح	المشرف المشارك	المشرف الرئيسي
المهندس خالد الحميد	الدكتور ثائر داؤود	الدكتور عبد المنعم العبدالله

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

Testimony

We witness that the described work in this treatise is the results of scientific search conduct by the candidate Eng. Khaled ALhameed under supervision of. Dr. Abedl Mounem Alabdullh (main supervisor) Associate Professor at the department of communication & Electronic Engineering University of Aleppo, and Dr. Thaer Daoud (assistant supervisor) at the Department of communication & Electronic Engineering University of Aleppo. Any other references mentioned in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate	Assistant Supervisor	Main Supervisor
Eng. Khaled Al Hamed	Dr.Abedl Mounem Alabdullh	Dr. Thaer Daoud



أصرح بأن هذا العمل :

" النظم المتنوعة في الاتصالات الرقمية المتعددة الوسائط"
لم يسبق أن قُبل للحصول على أي شهادة، ولا هو مقــدم حالياً للحصول على أي شهادة أخرى.

المرشح

المهندس خالد الحميد

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

Declaration

I hereby certify that this work has not been accepted for any degree or it is not submitted to any other degree.

Candidate

Eng. Khaled Alhamed

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير
في الهندسة الكهربائية في قسم هندسة الاتصالات
من كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب

الملخص

استخدمت أنظمة الهوائيات الذكية للتغلب على خفوت الإشارة في مسارات متعددة و عرض الحزمة الكبير و زيادة السعة باستخدام أنظمة التنوع أو تقنيات تشكيل الحزم في أنظمة الاتصالات اللاسلكية. و إن توضع هوائي محطة القاعدة الذكي في بيئات متنوعة أمر هام جدا لتصميم أنظمة فعالة. وفي هذا البحث نظهر الخصائص التجريبية و أنماطاً فعالة لهوائي محطة القاعدة الذكي في بيئات انتشار متنوعة باستخدام ثمانية أقنية مطورة عند هوائي محطة القاعدة المختبر و ذلك للتحقق من أداء طرق التنوع الثلاث. و يتم هنا مقارنة بين أنظمة التنوع الفراغ، والقطبية، و الزاوية تحت شروط متماثلة، حيث أن المشكلة الأساسية في الاتصالات الرقمية هي حدوث الخفوت في أقنية الاتصال و الذي هو عدد الأخطاء التي تحدث عندما يكون تخميد القناة كبير و بالتالي ستكون القناة ذات خفوت عميق. و بالتالي باستخدام أنظمة التنوع المذكورة سابقا" يمكن التغلب على تأثيرات الخفوت المشوهة للإشارة و ذلك عن طريق تزويد المستقبل بعدد من النسخ المتطابقة للإشارة المرسلة.

قياس خسارة مسار الانتشار، ومعاملات الربط، وعدم توازن الطاقة و الربح الفعال المتوسط كلها عبارة عن بارامترات لتابع المسافة بين محطة القاعدة و الجهاز المتنقل لتبين أداء تقنيات التنوع عند الانتشار في بيئات مختلفة.

أداء تقنيات ربط أنظمة التنوع : الربط بالاختيار (sc) ، الربط بالنسبة العظمى (MRC) و الربط بالربح المتساوي (EGC) في المدن و الضواحي التي تعتمد على الاتصال غير مباشر (بدون خط نظر) مبينة بشكل مختصر باستخدام المعطيات المقاسة بحيث تكون فعالية الوصلة الأمامية لنظام هوائي محطة القاعدة المكون من اثنتي عشرة قناة ضيقة في بيئة المدن التي تعتمد على الاتصال غير المباشر (NLOS) محققة باستخدام نفس المعطيات المقاسة.[١]

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

الفهرس رقم الصفحة

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

Introduction مقدمة

تحدد فعالية و سعة أنظمة الاتصالات اللاسلكية بثلاثة عوامل رئيسة:

- التخميد في المسارات المتعددة
- تأخير الانتشار
- التداخل في الأقنية المتماثلة

وجدت تقنيات الهوائيات الذكية لزيادة السعة و توسيع المجال في الاتصالات وذلك بالتغلب على هذه العوامل باستخدام أكثر من هوائي واحد. تحدد فعالية الهوائي الذكي بالتغلب على التخميد الناتج عن تعدد المسارات و التداخل في الأقنية المتماثلة والتي تتحدد بطريقة توضع الهوائي و تركيبه وطبيعة بيئة الانتشار.

يفترض أن حركة المعطيات في الوصلة الأمامية و الوصلة العكسية تساوي سرعة الضوء في أنظمة الخليوي، في حين أن الاتصال العكسي (من المشترك إلى محطة القاعدة) لن يكون سهلاً كثيراً و ذلك بسبب محدودية الطاقة المرسلة من قبل جهاز المشترك. ولذلك استخدمت أنظمة التنوع بشكل منفصل أو مجتمعة لتحسين الاتصال العكسي و ذلك بالتغلب على الخفوت الناتج عن تعدد المسارات.

سنركز في هذه الدراسة على ثلاثة أنظمة للتنوع وهي الفراغ، والاستقطاب و الزاوية ضمن شروط مثالية و كذلك سنقوم بقياس ضياع المسار، ومعامل ربط الغلاف، وعدم توازن الطاقة و الربح الفعال المتوسط الذي يصف العلاقة بالنسبة للمسافة بين محطة القاعدة و المشترك بحيث يظهر خصائص و ميزات أنظمة التنوع في العديد من بيئات الانتشار. يتم ربط طرق أنظمة التنوع هذه بعدة طرق تشمل طريقة الربط بالربح المتساوي، الربط بالاختيار، و طريقة الربط بالنسبة العظمى و ذلك في المدن و الضواحي التي تعتمد على الانتشار غير مباشر.

من الممكن تحسين و زيادة سعة الوصلة العكسية من خلال استخدام الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة و لكن أداء هذه الهوائيات غير مفهوم في حال الانتشار في عدة مسارات بوجود التخميد، و بالتالي يمكن ايجاد حل لذلك باستخدام هوائيات ذات حزم ضيقة في الوصلة الأمامية لمحطة القاعدة في بيئة المدن التي تعتمد على الانتشار غير مباشر.

يعبر عن الأداء المثالي لتقنيات الهوائيات الذكية بالتعابير و العلاقات الرياضية و لكن في الحقيقة المعنى الفيزيائي غير واضح. لذلك سنعتمد في دراستنا على العديد من العلاقات الرياضية لفهم و دراسة البحث بشكل جيد.

تتضمن الرسالة ستة فصول وهي كما يلي:

الفصل الأول

سنقوم بدراسة الخفوت في الانتشار المتعدد المسارات من حيث الية الخفوت، قياس ضياع مسار الانتشار، نماذج الانتشار، توصيف القناة متعددة المسارات، و نماذج الانتشار الموجه.

الفصل الثاني

سنقوم بدراسة أنظمة الهوائيات الذكية التي تتضمن أنظمة التنوع و طرق ربط هذه الأنظمة المشار اليها سابقا و المقارنة بين تقنيات ربط التنوع الثلاث، تقنيات تشكيل الحزم المتكيفة و العلاقة بينها و بين تقنية الربط بالنسبة العظمى،الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة و العلاقة بينها و بين مصفوفة الهوائيات المتكيفة.

الفصل الثالث

سنقوم بدراسة الهوائي الذكي لمحطة القاعدة من حيث كيفية اختيار هذا الهوائي، و الربط الفعال المتوسط لهوائيات محطة القاعدة.

الفصل الربع

سنقوم بمعالجة المعطيات، تقييم الخفوت طويل الأمد للاشارة، المقارنة بين أنظمة التنوع من حيث الخفوت طويل الأمد، ربح التنوع و ربح التنوع النسبي و الربح الفعال المتوسط، معاملات الربط المتقاطع للاشارة وعدم توازن الطاقة.

الفص الخامس

سنقوم بدراسة خصائص و فعالية أنظمة التنوع و التي تتضمن مقارنة طرق التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار، المقارنة بين تنوع الاستقطاب و تنوع الفراغ باستخدام تقنية الربط بالاختيار، مقارنة طرق التنوع باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى، مقارنة أنظمة التنوع عند استخدام تقنية الربط بالربح المتساوي و دراسة فعالية التنوع في بيئة الضواحي.

الفصل السادس

محاكاة نظام تنوع بشكل عام باستخدام برنامج Visual simulation

سنقوم في هذا الفصل بمحاكاة نظام تنوع بمرحلتين:

المرحلة الأولى: نعتبر فيها أن الاشارات التي تصل الى محطة القاعدة ناتجة عن انعكاسات متعددة ناتجة عن الأجسام المحيطة بالاضافة الى الاشارة التي تصل بشكل مباشر من المشترك الى محطة القاعدة أي وفق خط نظر. أما المرحلة الثانية فتحتوي فقط على الاشارات المنعكسة فقط

الفصل الأول

الخفوت في الانتشارات المتعددة المسارات

Multipath Fading Propagations

١-١ آلية الخفوت في الانتشار المتعدد المسارات Multipath Fading Propagation Mechanism

الإشارات المستقبلة في أنظمة الاتصالات الأرضية لها مكونات عديدة في مسارات متعددة حيث يحدث التخميد في المسارات المتعددة عندما تحتوي الإشارة أكثر من مركبة واحدة مختلفة بالطور و السبب في اختلاف الطور هو الترتيب المختلف للمرسل (TR) و المستقبل(RX) كذلك بعض الظواهر التي يمكن حدوثها على طول قناة الانتشار.

- الانتشار المباشر Direct Propagation

عندما يكون لدينا مسار مستقيم محقق لخط النظر بين هوائي محطة القاعدة و هوائي جهاز المشترك و لا يوجد هناك مسار آخر كما هو مبين بالشكل (1a-1) فإن خفوت طاقة الإشارة المستقبلة يكون مماثلاً للخفوت في الإشارة عند انتشارها في الفراغ، عندها ندعو هذه الإشارة بأنها إشارة تنتشر وفق خط نظر Line of sight(LOS).و بالتالي إذا كانت الإشارة المستقبلة لها انتشار وفق خط نظر وحيد، فإنها عندئذ لا تعاني من الخفوت الناتج عن تعدد المسارات. على كل حال يوجد دائما تشكيلات لمسارات متعددة أخرى غير التركيب الذي يعتمد على وصلة ذات خط نظر بين المرسل و المستقبل في الاتصالات الأرضية. في الواقع إن الجبال و الهضاب و الأبنية تشكل حواجز أمام الاتصالات التي تعتمد على خط نظر.

- الانعكاس Reflection

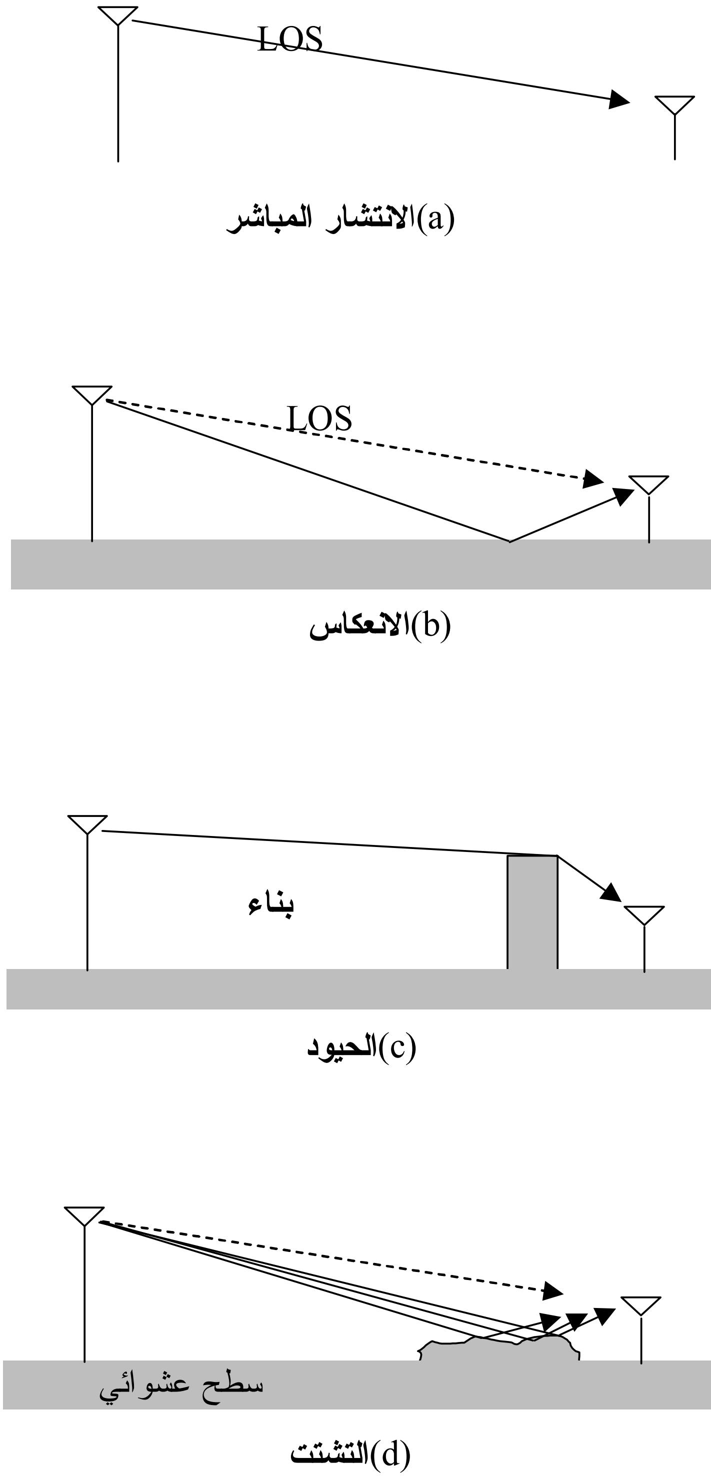
يحدث الانعكاس عندما تصطدم الموجة الراديوي بأجسام كبيرة جدا بالمقارنة مع طول الموجة. و كأمثلة على هذه الأجسام : سطح الأرض، الأبنية، و الجدران كما هي مبينة بالشكل (1b-1) فإذا كان سطح الجسم أملس فان زاوية الانعكاس تساوي زاوية الورود.

- **الحيود Diffraction**

عندما يكون المسار الراديوي بين المرسل و المستقبل مغلق، عندئذ سيحدث الحيود على الجوانب كما يحدث على زوايا الأبنية ، بحيث أن القدرة المرسلة من المرسل إلى المستقبل لا تكون وفق خط نظر و ذلك بسبب البناء الذي يشكل حاجزا أمامها كما هو مبين بالشكل (1c-1).
الحيود الذي يصيب الموجة المستقبلة والتي تكون ذات استقطاب عمودي فوق الهضاب يكون أقوى من الحيود الذي يصيبها عند النهايات الحادة، في حين أن الموجة الواردة التي لها قطبية أفقية فوق الهضاب حيدوها أضعف بالمقارنة مع الحيود الذي يصيبها عند النهايات الحادة.

- **التشتت Scattering**

يحدث التشتت عندما تكون أبعاد الجسم الذي يحدث عليه الانعكاس اصغر من طول الموجة المنعكسة. و إذا كان سطح الجسم الذي يحدث عليه الانعكاس غير منتظم عندئذ فان طاقة الإشارة سوف تتشتت باتجاهات متعددة كما هو مبين بالشكل (1d-1) [3],[1]



الشكل(١-١):ألية الانتشار خلال مسارات متعددة

١-٢ مقياس نموذج ضياع مسار الانتشار Scale Propagation Path Loss Model

١-٢-١ نموذج الانتشار في الفراغ الحر:

الطاقة المستقبلة من قبل هوائي المستقبل والذي يكون مفصولاً عن هوائي الإرسال بمسافة d في الفراغ الحر تعطى بالعلاقة التالية:

$$p_r(d) = \frac{Pt.Gt.G_r.\lambda^2}{(4\pi)^2.d^2} = P_0.\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \qquad (1\text{-}1)$$

حيث أن :

$P_r(d)$ الطاقة المستقبلة

Pt الطاقة المرسلة

$P_0 = P_t.G_t.G_r$

G_t ربح الهوائي المرسل

G_r ربح الهوائي المستقبل

d المسافة الفاصلة بين المرسل و المستقبل بالأمتار

λ طول الموجة بالأمتار

و الربح في الفراغ الحر هو

$$G_{FS} = \left[\frac{\lambda}{4\pi d}\right]^2 = \frac{1}{PL_{FS}} \qquad (2\text{-}1)$$

حيث أن PL_{FS} هو ضياع المسار الحر و يعطى بالديسيبل:

$$PL_{FS}(dB) = 20\log\left[\frac{4\pi d}{\lambda}\right] \qquad (3\text{-}1)$$

$$= PL(d_0) + 20\log\left[\frac{d}{d_0}\right] \qquad (4\text{-}1)$$

حيث أن d_0 هي المسافة المرجعية لأجل $PL(d_0)$

1-٢-2 نموذج الانتشار في الأماكن المغلقة:

تعطى خسارة المسار في الأماكن المغلقة بالعلاقة:

$$PL(d) = PL(d_0) + 10\log\left[\frac{d}{d_0}\right]^n \qquad (5-1)$$

حيث أن الحد الأول من هذه العلاقة يعطي الخسارة في الفراغ الحر من أجل المسافة المرجعية d_0 والحد الثاني يمثل خسارة المسار تبعا لقيم n المعطاة بشكل تجريبي و ذلك باستخدام منحني ملائم للمعطيات المقاسة. و الجدول (١-١) يبين قيم n المعطاة من أجل خسارة مسار نموذجي في بيئات مختلفة والتي يتم فيها استخدام الجهاز المتنقل.

البيئة	خسارة المسار n
الفراغ الحر	٢
مناطق المدن	٢.٧ to 3.5
مناطق الظل	٣ to 5
في الأبنية LOS	١.٦ to 1.8
في الأبنية المغلقة	٤ to 6
المصانع المغلقة	٢ to 3

الجدول (١-١) : خسارة المسار لبيئات مختلفة

1-٢-3 التمثيل اللغاريتمي الطبيعي:

عند قياس خسارة خط من منطقة ما مرسومة على المخطط، فإن نقاط المعطيات لأجل مسافة معطاة تظهر انحرافاً بالمقارنة مع النموذج (١-٥) و يعود ذلك لاختلاف المساحة المحيطة بالمنطقة التي يتم فيها القياس .

و خسارة المسار المقاس $PL(d)$ في مكان محدد يعطى بالتوزيع اللغاريتمي الطبيعي و يقاس عادة بالديسيبل و يعبر عنه بالعلاقة :

$$PL(d) = P\overline{L}(d) + X_\sigma \qquad (6-1)$$

حيث أن X_σ هي القمة الصفرية لأجل التوزيع العشوائي المتغير و تقاس عادة بالديسيبل، σ هي الانحراف المعياري و يقاس بالديسيبل.

١-٢-4 نموذج هاتا :

نموذج هاتا هو عبارة عن صيغة تجريبية لتمثيل خسارة مسار المعطيات والتي تكون صالحة في المجال من١٥٠ MHz إلى١٥٠٠ MHz.

و تعطى صيغة هاتا القياسية من أجل متوسط الضياع في المسار في المدن بالعلاقة :

$$PL(dB) = 69.55 + 26.16\log f_c - 13.82\log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55\log h_{te})\log d \qquad (7\text{-}1)$$

حيث أن :

fc هوا لتردد بالميغاهرتز من ١٥٠MHz - 1500MHZ

hte ارتفاع هوائي الارسال الفعال لمحطة القاعدة و يقاس بالأمتار و مجال الارتفاع من ٣٠ إلى ٢٠٠ متر

hre هو ارتفاع هوائي المستقبل الفعال (الجهاز المتنقل) و يتراوح من ١ إلى ١٠ متر

d هي المسافة بين المرسل و المستقبل و تقاس بالكيلومتر

$a(hre)$ هو معامل التصحيح لارتفاع الهوائي المتنقل الفعال

و من أجل المدن الصغيرة إلى متوسطة الحجم فان عامل التصحيح لهوائي المتنقل يعطى بالعلاقة التالية:

$$a(hre) = (1.1\log fc - 0.7)hre - (1.56\log fc - 0.8)dB \qquad (٨-١)$$

ومن أجل المدن الكبيرة فان معامل التصحيح يعطى بالشكل:

$$a(hre) = 8.29(\log 1.54hre)^2 - 1.1dB : fc \le 300MHZ \qquad (٩-١)$$

$$a(hre) = 3.2(\log 11.75hre)^2 - 4.97dB : fc \ge 300MHZ$$

ومن أجل الضواحي فان خسارة المسار في صيغة هاتا القياسية تعطى بالشكل التالي:

$$PL_{50}(dB) = PL_{50}(urban) - 2[\log(f\,c/28)]^2 - 5.4 \qquad (١٠-١)$$

ومن أجل المناطق الريفية فان الصيغة تعطى بالشكل:

$$PL_{50} = PL_{50}(urban) - 4.78(\log fc)^2 - 18.33\log fc - 40.98 \qquad (١١-١)$$

١-٢-٥ توسيع نظام الاتصالات في نموذج هاتا :

نظمت لجنة الأبحاث الأوربية المتخصصة بتقنية الاتصالات العمل لتعميم نموج هاتا بحيث يشمل نظام الاتصالات الشخصي مشكلة نموذجاً جديداً لهاتا بحيث يصل مجال العمل إلى 2000MHz. ممثلة بالعلاقة (١-١٢) التالية:

$$PL_{50}(urban)(dB) = 45.3 + 33.9\log fc - 13.82\log hte - a(hre) + (44.9 - 6.55\log h_{tr})\log d + c_M$$

حيث أن :

fc يتراوح من ١٥٠٠MHz إلى ٢٠٠٠MHz

h_{te} تتراوح من ٣٠ م إلى ٢٠٠ م

hre تتراوح من ١ م إلى ١٠م

d تتراوح من ١ كم إلى ٢٠ كم

C_M تساوي الصفر في المدن المتوسطة الحجم و تساوي ٣ ديسيبل في مركز العواصم

3-1 توصيف القناة متعددة المسارات characterization of the Multipath channel

يعتمد نظام الاتصالات اللاسلكية بشكل كبير على بيئة الانتشار الراديوي، لذلك فان استجابة القناة المتعددة المسارات تكون ذات أهمية كبيرة عند خرج الهوائي وذلك من أجل تحليل أنظمة الهوائي الذكي لتقنيات الانتشار الرئيسية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية المتنقلة والتي هي : الانتشار المباشر، الحيود، التشتت، الانعكاس.[٢]

يتضمن خرج المستقبل إشارات ضعيفة وتالفة والتي تكون ناتجة عن سلوك الإشارة لمسارات متعددة بسبب التقنيات الأربعة المذكورة مسبقاً. تتضمن استجابة القناة ذات المسارات المتعددة بين المرسل المتنقل و مستقبل محطة القاعدة فروقات مختلفة لطور الإشارة، و تأخيرات زمنية، وزوايا الوصول للإشارات و إزاحات في تردد دوبلر.

هنالك نموذج مميز يعتبر أن تركيبة كل مسار من المسارات المتعددة هي عبارة عن موجة مستوية و عادة يستخدم هذا النموذج لوصف استجابة القناة. وان استجابة القناة للإشارة الواصلة إلى مستقبل محطة القاعدة من عدد من المستخدمين هي عبارة عن نموذج يستخدم الاستجابة النبضية للقناة والتي تعطى بالعلاقة:

$$h_k(t,\tau) = \sum_{l=0}^{L_K(t)-1} a_{k,l}(t)\delta(t-\tau_{k,l}(t)) = \sum_{l=0}^{L_K(t)-1} \rho_{k,l}(t).e^{j(2\pi f_k(t)t+\psi_{k,l}(t))}\delta(t-\tau_{k,l}(t)) \qquad (١-١٣)$$

حيث أن

$$a_{k,l}(t) = \rho_{k,l}(t).e^{j(2\pi.f+\psi_{k,l}(t))} \qquad (١-١٤)$$

$l_k(t)$ عدد المسارات

$\rho_{k,l}(t)$ الاستجابة المطالية

$\psi_{k,l}(t)$ الإزاحة الطورية للحامل.

$\tau_{k,l}(t)$ التأخير الزمني.

$f_{k,l}(t)$ إزاحة تردد دوبلر لمسافة L لمسارات متعددة من أجل K مستخدم.

جميع بارامترات القناة تتغير مع الزمن، و شعاع الاستجابة النبضية للقناة يتضمن مكونات زوايا الوصول و التي يعبر عنها بالعلاقة:

$$h_k(t,\tau) = \sum_{l=0}^{L_K-1} a(\phi_{k,l}).a_{k,l}(t)\delta(t-\tau_{k,l}(t)) \qquad (15\text{-}1)$$

$$= \sum_{l=0}^{L_K-1} a(\phi_{k,l})\rho_{k,l}(t).e^{j(2\pi.ft+\psi_{k,l})}\delta(t-\tau_{k,l}(t)) \qquad (16\text{-}1)$$

حيث $a(\phi_{k,l})$ هو عبارة عن شعاع التوجيه ، والذي هو عبارة عن تابع لمصفوفة الهوائيات الهندسية و زوايا الوصول :

$$a(\theta,\phi) = [1........a_1(\theta,\phi)......a_m(\theta,\phi)........a_{M-1}(\theta,\phi)]^H \qquad (١٧-١)$$

و أن:

$$a_m(\theta,\phi) = e^{i\beta[X_m \cos\phi.\sin\theta + y_m \sin\phi.\sin\theta + z_m \cos\theta]} \qquad (١٨-١)$$

و $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ معامل الطور حيث أن إشارة $S_k(t)$ هي الإشارة المرسلة. و يعبر عن شعاع إشارة الخرج بالعلاقة:

$$U_k(t) = [u_{k,0}(t)......... \quad ...... u_{K,M-1}]^T \qquad (١٩-١)$$

$$= S_k(t) * h_k(\tau,t) + n(t) = \int_{-\infty}^{t} S_k(\lambda).h_k(t-\lambda,t).d\lambda + n(t) \qquad (٢٠-١)$$

$$= \sum_{L=0}^{L_{K-1}} a(\phi_{k,l}).a_{k,l}(t).s_k(t-\tau_{k,l}) + n(t) \qquad (٢١-١)$$

حيث أن $n(t)$ تمثل شعاع الضجيج عند كل هوائي.

و أن التأخيرات الزمنية الناتجة عن تعدد المسارات تتضمن فترة تأخير الرمز و الخفوت الناتج عن الأجسام المسطحة ، و بجعل $\tau_{k,l}=\tau_{k,0}$ عندئذ ندعو هذه القناة بالقناة ذات الحزمة الضيقة.

و يعبر عن قيمة الاستجابة النبضية للقناة ذات الحزمة الضيقة بالعلاقة:

$$u_{k(t)}=s_k\left(t-\tau_{k,0}\right).\sum a\left(\phi_{k,l}\right).a_{k,l(t)}+n(t) \qquad (٢٢-١)$$

$$=s_k\left(t-\tau_{k,0}\right).b_k(t)+n(t) \qquad (٢٣-١)$$

حيث أن الحد $b_k(t)$ يدعى دليل الاتساع للقناة ذات الحزمة الضيقة و يعبر عنه بالشكل :

$$b_k(t)=\sum_{L=0}^{L-1} a\left(\phi_{k,l}\right).a_{k,l}(t)=\sum_{L=0}^{L-1} a\left(\phi_{k,l}\right).\rho_{k,l}.e^{j\left(2\pi . f_{k,l}t+\psi_{k,l}\right)} \qquad (٢٤-١)$$

١-٤ نماذج أقنية الإنتشار الموجه: Vector Propagation Channel Models

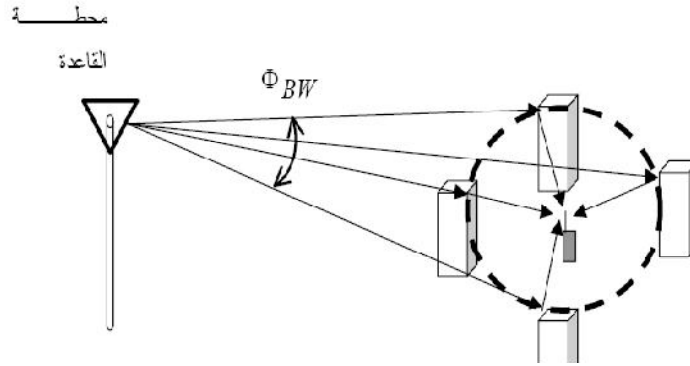
تستخدم مثل هذه الأقنية للتنبؤ عن أداء أنظمة الاتصالات قبل وضع التجهيزات لهذه الأنظمة و إجراء التجارب عليها.

و يجب أن نكون حريصين جداً في اختيار المعطيات المقاسة و التأكد من صحتها لأن التنبؤ عن أداء أنظمة الاتصالات سيكون مختلفاً حسب النموذج المختار هندسياً. و لفهم التعريف الهندسي لهذا النموذج يجب أن نبين بيئات الانتشار المختلفة لهوائي محطة القاعدة.[٤]

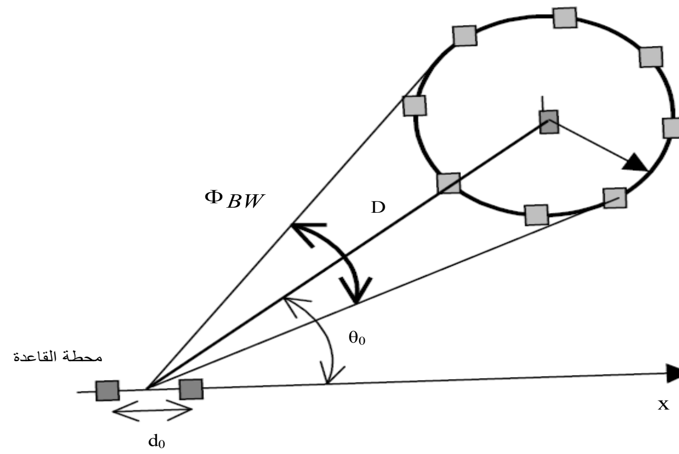
١-٤-١ نموذج لي

يبين الشكل (١-٢) القناة الأمامية في بيئة تحتوي على خلايا نموذجية واسعة، و ارتفاع الأجسام في هذه البيئة و التي يتم عليها التشتت لها نفس ارتفاع الجهاز المتنقل أو ذات ارتفاع أكبر. لذلك فإن الإشارة سوف تصطدم بالأجسام المحيطة به، ومع ذلك سيتم استقبال الإشارات من قبل الجهاز المتنقل، و محطة القاعدة ستستقبل الإشارات الواردة من الجهاز المتنقل من خلال قطاعات زاوية صغيرة Φ_{BW}.

في نموذج لي المشتتات الفعالة تكون متوضعة فراغياً بشكل منتظم و على مسافات متساوية حول الجهاز المتنقل، هذا النموذج بالأساس مستخدم لتحديد العلاقة بين عناصر هوائيين كتابع لمسافة عنصرية بينهما d_0. ففي الضواحي تكون منطقة التشتت حول الجهاز المتنقل عبارة عن دائرة بقطر ٣٣ متراً. هذا النموذج يشرح لماذا تتطلب الإشارة ذات الحزمة الضيقة مسافة تبلغ ٠.٢ من طول الموجة عند مستقبل الجهاز المتنقل و مسافة تتراوح من(٢٠-٤٠) من أطوال الموجة عند محطة القاعدة. كما هو مبين بالشكل (١-٣).



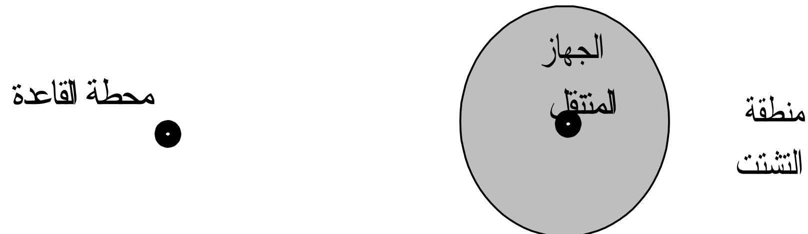
الشكل (١–٢) نموذج الخلايا الواسعة



الشكل (١–٣) نموذج لي

١–٤–٢ النموذج الدائري

يفترض هذا النموذج أن الأجسام التي يتم عليها التشتت تكون موزعة بشكل منتظم حول منطقة محددة تحيط بالجهاز المتنقل بنصف قطر محدد كما هو مبين بالشكل (١–٤) و يتم الحصول على القيم الملائمة لنصف القطر من خلال معادلة الانتشار الزاوي و يستخدم هذا النموذج لتحديد تأثيرات الحزم المتشكلة على طيف تردد دوبلر لأجل الإشارات ذات الحزمة الضيقة.



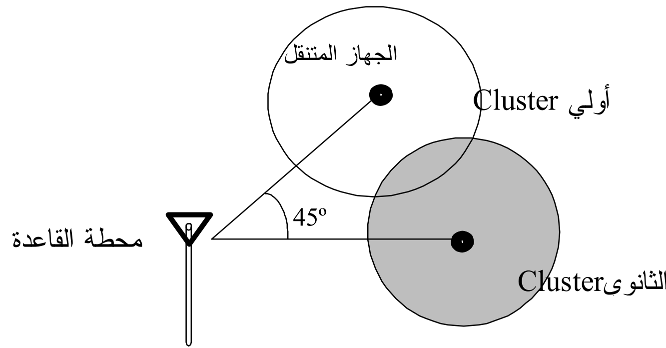
الشكل(١ـ٤) النموذج الدائري

١-٤-٣ نموذج أوربان المثالي :

نموذج أوربان المثالي هو حالة خاصة من النموذج الدائري و يحتوي هذا النموذج على ١٢٠ مشتتاً متوضعة ضمن نصف قطر يبلغ ١ كم حول الجهاز المتنقل. حيث أنه في النموذج الدائري الجهاز المتنقل و أجسام التشتت تكون ثابتة في حين أنه في نموذج أوبان يمكن التحكم بتثبيت الأجسام التي يتم عليها التشتت عند تحرك الجهاز المتنقل بمقدار ٥ متر، و هكذا فإن المشتتات تعاد إلى مكانها الأصلي المرتبط نسبياً بالجهاز المتنقل عند كل فاصل مقداره ٥ متر.

١-٤-٤ نموذج أوربان السيئ

يعتبر نموذج أوربان السيئ أن مجموعة القطاعات الثانوية (secondary cluster) والتي تحتوي على ١٢٠ مشتت تشكل قطاعات زاوية مع مجموعة القطاعات الأولية(primary cluster) مقداره (°٤٥) بالنسبة لمحطة القاعدة كما هو مبين بالشكل(١-٥). حيث أن مستوى الطاقة الرئيسي للثانوي أقل بمقدار 5dB مقارنة مع الأولي، وإن وجود القطاع الثانوي يزيد من الانتشار الزاوي و التأخير الزمني.



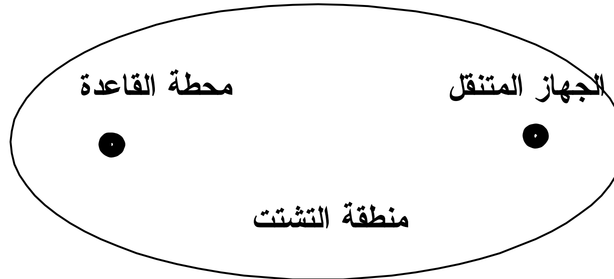
الشكل(١-٥) نموذج أوربان السيىء

١-٤-٥ النموذج الإهليلجي (البيضوي)

تتوزع الأجسام في هذا النموذج بشكل منتظم ضمن قطع ناقص حيث أن محطة القاعدة و الجهاز المتنقل تكون متوضعة على قطبي القطع الناقص كما هو مبين بالشكل (١-٦).

وضع هذا النموذج من أجل البيئات التي تحتوي على خلايا صغيرة جداً [microcell [MIC والخلايا المتناهية في الصغر picocell[PICOC] بحيث أن ارتفاع الهوائيات منخفض، ولذلك فان التشتت الناتج عن تعدد المسارات بالقرب من محطة القاعدة هو تقريباً نفسه عند الجهاز

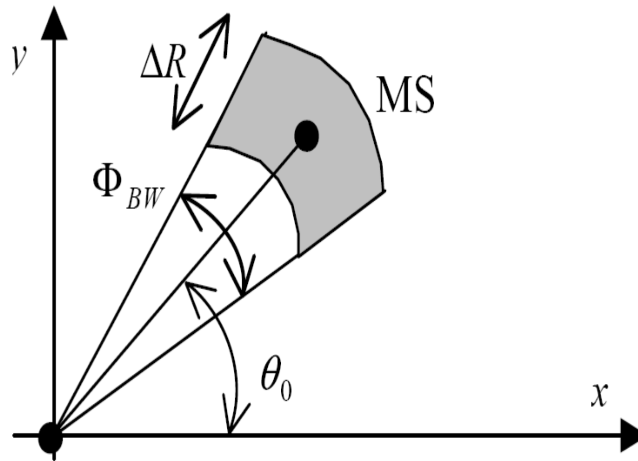
المتنقل. يتضمن هذا النموذج تأخيراً زمنياً للإشارة مقداره τ_m، و الانتشار الزاوي يكون أكبر من النماذج السابقة.



الشكل(١-٦) النموذج الاهليلجي

١-٤-٦ نموذج القطاع الزاوي المنتظم

يفترض هذا النموذج أن المبعثرات تكون موزعة بشكل منتظم في مناطق خصصت بمجال زاوي محدود مقداره Φ_{BW} ومجال المسافة القطرية ΔR متمركزة حول الجهاز المتنقل كما يظهر بالشكل (١-٧)، ويتوزع طور الإشارة في هذا النموذج و الناتج عن التشتت بشكل منتظم ويأخذ المجال $[2\pi - 0]$



الشكل (١-٧) نموذج القطاع الزاوي المنتظم

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

الفصل الثاني
أنظمة الهوائيات الذكية
Smart Antenna Systems

سعة و موثوقية أنظمة الاتصالات اللاسلكية تحدد كما ذكرنا بثلاثة عوائق:١- التخميد في المسارات المتعددة ٢- التأخير الزمني ٣- التداخل في الأقنية المتماثلة. استخدمت تقنية الهوائيات الذكية من أجل زيادة عرض المجال و السعة وذلك بالتغلب على هذه المعوقات، ويتم ذلك باستخدام أكثر من هوائي، ويمكن أن نقسم تقنيات الهوائيات الذكية إلى تقنيات الفراغ، الزمن، ومعالجة الفراغ والزمن. ويتحدد أداء عملية معالجة الفراغ بالتخميد في المسارات المتعددة و التداخل للأقنية المتماثلة و ذلك من خلال توضع الهوائي، بينما يتحدد أداء عملية معالجة الزمن بتأخير الانتشار ويتحدد ذلك بإمكانية تثبيت الزمن الذي يتناسب عكساً مع عرض حزمة النظام، إن المصدر الراديوي الأكثر أهمية هو عرض حزمة الاتصالات الأرضية اللاسلكية.[٥].[٦]

٢-١ الأنظمة المتنوعة Diversity Systems

٢-١-١ أنظمة تنوع الفراغ :

معالجة الفراغ تتضمن: الملاءمة، تشكيل الحزم الجانبية، تقنيات التنوع، طرق الربط لأنظمة التنوع. معامل الربط المنخفض و توازن الطاقة بين الأقنية تتطلب الحصول على ربح جيد للتنوع، فمن أجل ربح الفراغ نحتاج إلى فاصل كبير بين عناصر الهوائيات وللحصول على هذا الفاصل الملائم نحتاج لمعامل ربط منخفض بين الأقنية حيث أن الفاصل المحصور بين عناصر الهوائيات يتطلب حزمة ضيقة بدون توليد فلقات مقضبة من جهة والحصول على رفض جيد للتداخل من جهة أخرى. يمكن لمصفوفة الهوائيات المتكيفة والتي تستخدم M عنصراً من عناصر الهوائيات الفراغية المتجاورة أن تخمد مكونات الإشارة المتداخلة حتى تصل إلى m-1 وذلك بوضع قيم صفرية عند الإشارات المتداخلة، و عندما يكون عدد الإشارات المتداخلة أكبر من M عندئذ ستحمّل مصفوفة الهوائيات المتكيفة بشكل كبير و لا يمكن عندها تحقيق التخميد للإشارات المتداخلة.في أنظمة TDMA عادةً يكون عدد الإشارات المتداخلة في الأقنية المتماثلة واحداً أو اثنين. وفي أنظمة CDMA عدد الإشارات المتداخلة تكون أكبر من M و أداء المعالجة المتلائمة الأمثل لن يكون أفضل بكثير من طريقة الربط للتنوع بالنسبة العظمى، حيث انه في كثير من الدراسات تفترض أن ربح التنوع للفراغ

في أنظمة CDMA والتي تستخدم طريقة الربط بالنسبة العظمى يمكن تحقيقه عن طريق زيادة عدد عناصر الهوائيات المنفصلة فراغياً إلى أبعد حد ممكن.

أغلب القطاعات الدائرية في أنظمة الاتصالات الخليوية لها هوائيي استقبال في حالة تنوع الفراغ و هوائي إرسال وحيد لكل قطاع دائري في محطة القاعدة. عملية فصل العنصر المطلوب في حال الربح الجيد لتنوع الفراغ تأخذ بعين الاعتبار فقط بضعة عناصر لهوائيات الاستقبال لكل القطاعات المتوضعة على محطة القاعدة. كلما ازداد ارتفاع هوائي محطة القاعدة ستنقص إمكانية الربط بين الهوائيات شريطة أن تكون المسافة بين هوائيات محطة القاعدة ثابتة، ولذلك يجب أن يكون هنالك بارامتر يربط ما بين ارتفاع الهوائي ومسافة الهوائي في الفراغ ويعرف هذا البارامتر بالعلاقة التالية:

η = ارتفاع الهوائي /مسافة الهوائي بالفراغ (٢-١)

والتي توضح تصميم معيار الربط، والعلاقة التجريبية في مناطق واسعة حول الضواحي و لمسافة مقدارها ٣ ميل تعطى بالشكل :

$$\rho = 0.2 + 0.7 \log_{10} \frac{\eta}{2} \qquad (٢-٢)$$

$$\eta = 2.10^{(\rho - 0.2)/0.7} \qquad (٢-٣)$$

و كمثال على ذلك:

إذا كان ارتفاع الهوائي h =100 قدم و ρ=0.7 في حالة مساحة واسعة، عندئذ فإن معامل الفصل للهوائي نحصل عليه بالشكل:

$$\eta = h/d = 100/d \qquad (٢-٤)$$

حيث أن d=9 (أو ٨λعند ٨٥٠ ميغاهرتز)

وجود أجسام التشتت على طول خط الانتشار سيقلل من عامل ارتباط الإشارة المستقبلة من هوائيي محطة القاعدة و ذلك مع ازدياد مسار الانتشار . [٧]

٢-١-٢ أنظمة تنوع الاستقطاب :

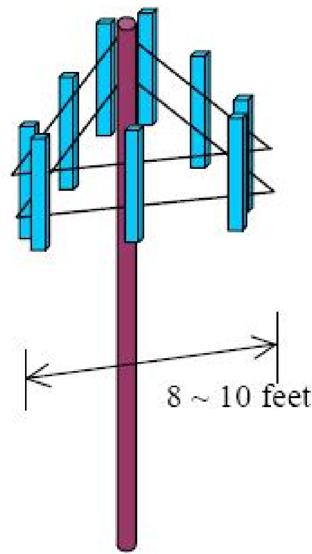
يتألف القطاع الدائري النموذجي في نظام تنوع الفراغ لمحطة القاعدة من هوائيي استقبال منفصلين في كل قطاع ، و هوائي إرسال وحيد لكل قطاع. و بالتالي في هذه التشكيلة سيكون لدينا تسعة هوائيات كما في الشكل (٢-١a)، أما في حالة تنوع الاستقطاب فلدينا في كل قطاع دائري هوائي وحيد فقط يقوم بعملية الإرسال و الاستقبال معاً، وإن نظام تنوع الاستقطاب

ينجز نفس الوظيفة عندما يكون لدينا ثلاثة هوائيات في كل قطاع. والشكل(٢-١b) يظهر نظام تنوع الاستقطاب الذي يستخدم هوائي بسيط (مفرد). والشكل(٢-٢) يبين نظام تنوع الاستقطاب باعتبار لدينا نوعان من الاستقطاب الأفقي و الشاقولي، فإن وضع الهوائي بزاوية ميل مقدارها (±٤٥°) سيكون أفضل بقليل و يقدم ربح بمقدار واحد ديسيبل تقريباً مقارنة مع الاستقطاب الأفقي والشاقولي المشكلين لنظام تنوع الاستقطاب وذلك بسبب توازن القدرة بين الأقنية، و أيضا نظام تنوع الاستقطاب يكون أكثر فعالية عندما يتم توجيه هوائي الجهاز المتنقل بزاوية ميل مقدارها (٤٥°) . [١٤]

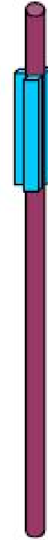
٢-١-3 أنظمة تنوع الزاوية :

سرعة نقل المعطيات في الاتصالات الرقمية المتنقلة في الاتجاه الأمامي والعكسي متساوية ولكنها تحتاج إلى تقنيات أفضل لأجل الاتصال عبر الوصلة العكسية – الاتصال العكسي- وذلك لأن استطاعة المرسل في الجهاز المتنقل محدودة .

سعة الوصلة العكسية في أنظمة ال CDMA محدودة وذلك لأن عملية التزامن تكون غير محققة على الوصلة العكسية في حين يكون التزامن محقق على الوصلة الأمامية. يستخدم تنوع الفراغ والاستقطاب لأجل الحصول على أفضل موثوقية للوصلة العكسية، حيث إننا نحتاج إلى سعة أكبر بكثير للوصلة العكسية عند معالجة المعطيات بالمقارنة مع الوصلة الأمامية، إن سعة الوصلة الأمامية أو زيادة الموثوقية هي أيضا نتيجة مهمة في الجيل الثالث في أنظمة الاتصالات المتنقلة و كذلك في المستقبل لأنظمة الاتصالات اللاسلكية. معالجة حزمة الوصلة العكسية هي أحد الحلول المنتظرة لأجل زيادة سعة الوصلة العكسية وذلك باستخدام الحزم الضيقة الثابتة الموجهة نحو المشترك.

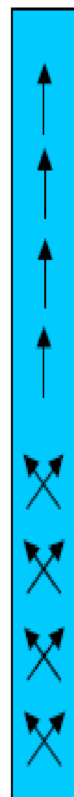


(a) تركيب تنوع الفراغ



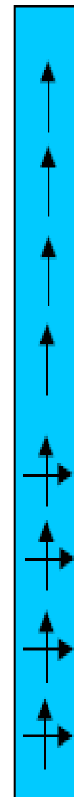
(b) تركيب تنوع الاستقطاب

الشكل (٢-١) تركيب ثلاثة قطاعات دائرية نموذجية



مصفوفة الإرسال

مصفوفة الاستقبال



(a)مستقبل براوية ميل 45

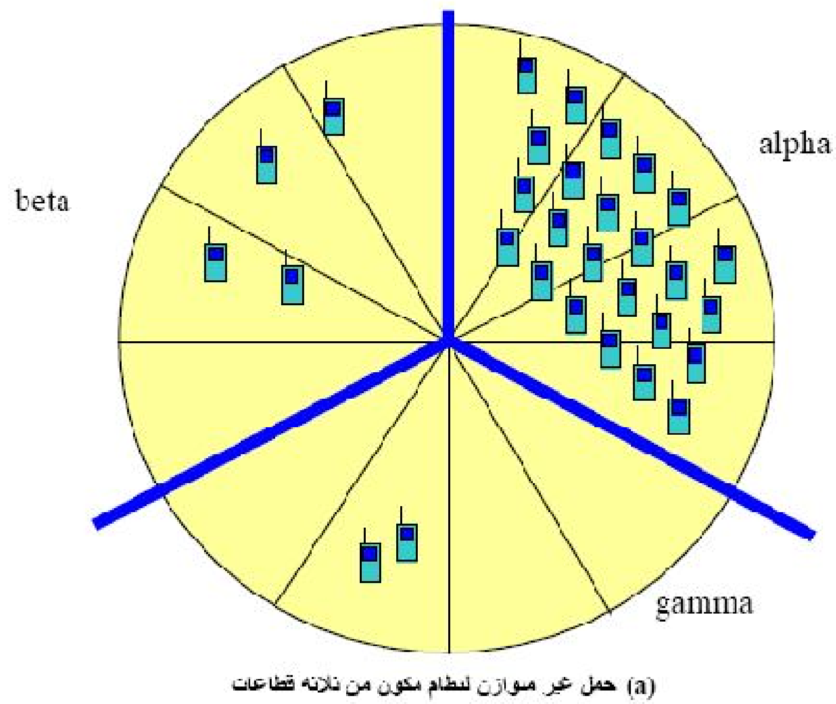
(b) V/H مستقبل

الشكل(٢-٢): تركيب هوائي بسيط في نظام تنوع الاستقطاب

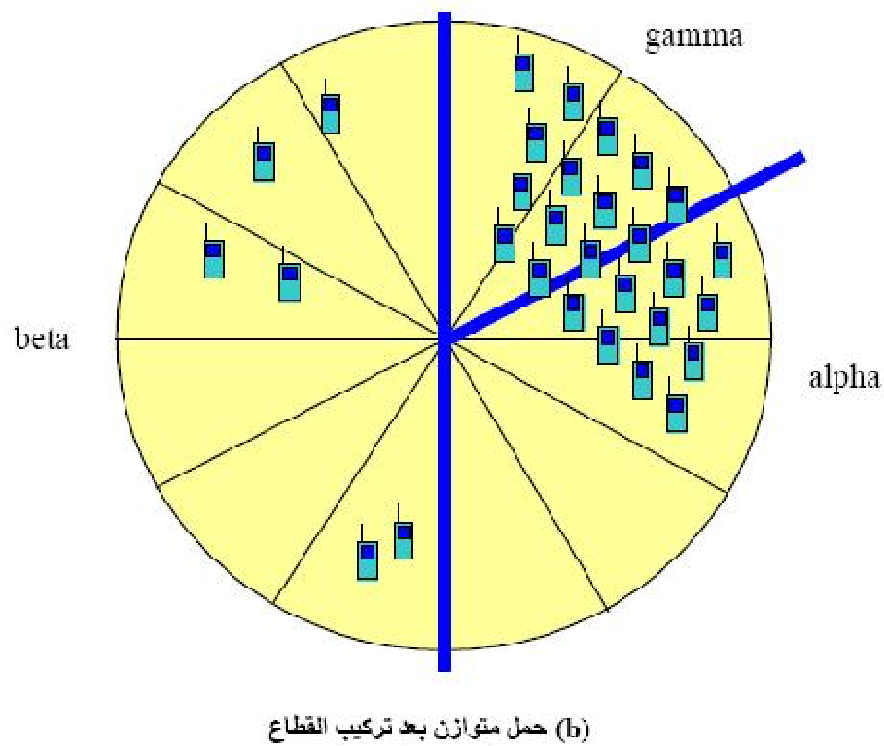
نظام تشكيل الحزمة يستخدم هوائي ذا حزمة ضيقة ثابتة متعددة أو هوائي المصفوفة المتكيفة الذي يرسل و يستقبل طاقة أكبر بين محطة القاعدة و المشترك مقارنة مع النظام الذي يستخدم الهوائي ذا الحزمة العريضة. نظام تشكيل الحزمة يختبر التخميد في المسارات المتعددة وذلك عندما تكون مكونات المسارات المتعددة تعتمد على الزوايا الصغيرة في المناطق المزدحمة، وبالتالي نظام الهوائي في محطة القاعدة سيعاني نقصاً في الربح و انتشاراً زاوياً واسعاً في مسارات متعددة. في هذه الحالة يتخلص نظام تنوع الزاوية من تضعيف كبير في المسارات المتعددة و ذلك باختيار أفضل طريقة لتجميع الحزمة، ويمكن ضبط حجم نظام تنوع الزاوية بشكل كبير مقارنة مع الحجم الكبير الذي يتطلبه نظام تنوع الفراغ. يمكن تطوير نظام تنوع الزاوية باستخدام هوائيات الحزمة الضيقة الثابتة في النظام الخليوي و في أنظمة الاتصالات الرقمية، بالرغم من أن الهوائيات المتكيفة تكون أكثر مرونة، فإن الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة نسبياً سهلة الإنجاز إلا أنها مكلفة عملياً. و الشكل (٢-٣) يبين تركيب القطاع الدائري مع حركة حمل متوازن، يمكن لهذا النظام أن يغير توجيه القطاع و كذلك عرض الحزمة وذلك بزيادة الزاوية بمقدار ٣٠°. [١٤].[٧].[٨]

٢-٢ نظام تنوع الزاوية المقترح Proposed Angle Diversity System

يحقق نظام خليوي مثالي يتكون من N قطاع زاوي ربح عالي خلال الفترة الزمنية اللازمة لوصول الإشارة من المشترك المطلوب، حيث يتم التخلص من تداخل الإشارات الذي ينتج في الأقنية المتماثلة و الناتج عن قطاعات زاوية أخرى. فالانتشار الذي يتم عبر المحطات الأرضية، حيث تستقبل هذه المحطات إشارات من الحزم المتجاورة الناتجة عن المشترك وذلك بسبب الانتشار الزاوي في مسارات متعددة كما هو موضح في الشكل (٢-٤) و كذلك الربح الفعال المتوسط لهوائي الحزمة الضيقة يساهم في إنقاص التداخل الناتج في بيئات المدن متعددة المسارات. يمكن تقسيم القطاعات الزاوية إلى حزم متعامدة مشكلة شبكة من الحزم والشكل(٢-٥) يبين عملية ربط الخرج الناتج عن عناصر مصفوفة الهوائيات الخطية بحيث أن ثلاث مجموعات من الحزم المتعامدة الثابتة ستغطي قطاعاً زاوياً مقداره ٣٦٠ درجة بحزم ذات عرض متطابق .



(a) حمل غير متوازن لنظام مكون من ثلاثة قطاعات



(b) حمل متوازن بعد تركيب القطاع

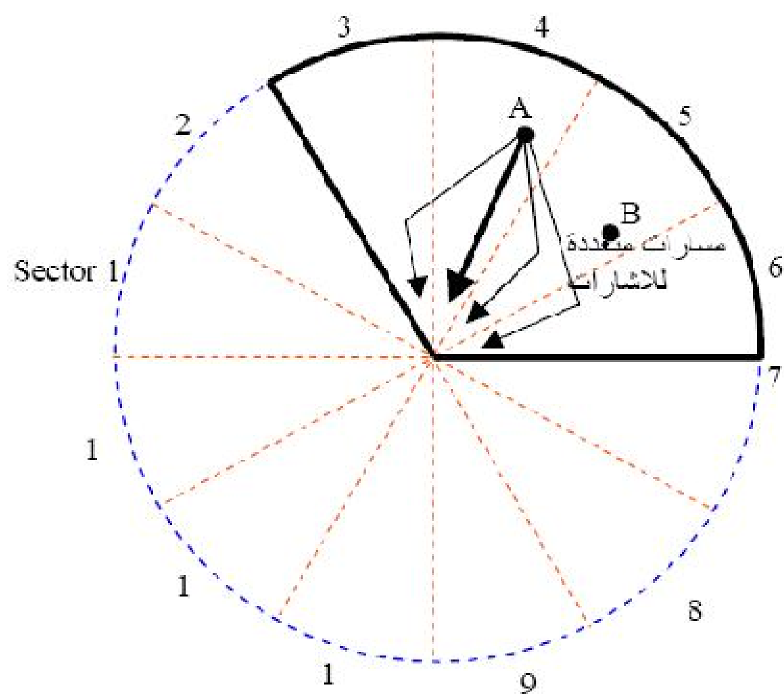
الشكل(٢-٣) تقنيات تركيب القطاعات

تستخدم هوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة Multiple Fixed Narrow Beam في نظام يحتوي ١٢ قطاعاً والذي لديه إمكانية التغلب على تخميد يتراوح من ١٢ إلى ٢٠ ديسيبل الناتج عن مشتركين في قطاعات متجاورة كما هو مبين بالشكل (٢-٥).

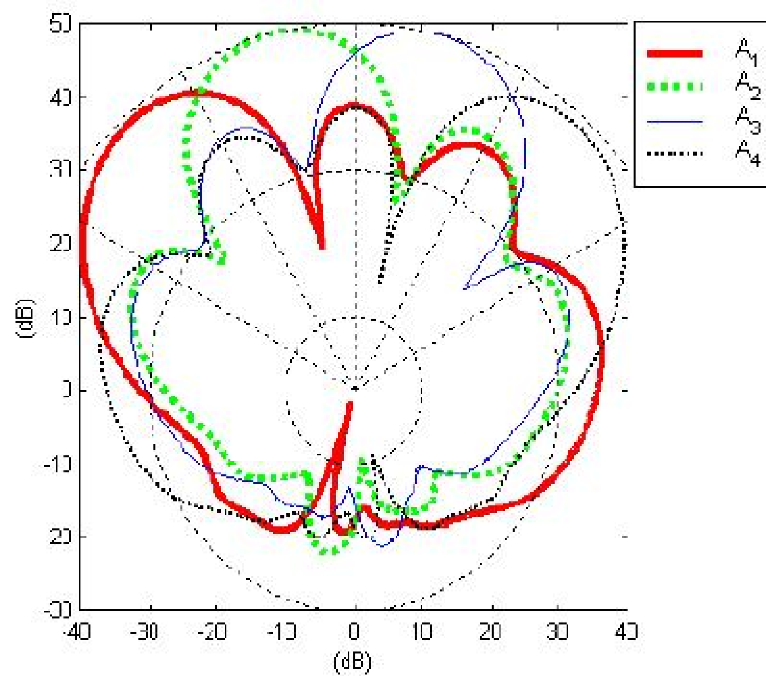
في النظام الذي يحتوي على N قطاع يتم اختيار أفضل قطاع للخدمة و هذا القطاع يغطي المنطقة المطلوبة للمشترك المطلوب، يقدم هذا النظام ربحاً عالياً للهوائي و لديه إمكانية جيدة لإنقاص التخميد الناتج عن التداخل في الاتصال الأمامي و العكسي أي على الوصلة الأمامية و العكسية ولكن ليس لديه حماية جيدة من التضعيف الناتج عن المسارات المتعددة. ندعو النظام الذي يحتوي N قطاع بنظام تنوع الزاوية و ذلك عندما تضاف إليه دارات الربط لنظم التنوع لزيادة الحماية من التضعيف الناتج عن المسارات المتعددة كما في الشكل (٢-٦).

عندما يهمل الانتشار الزاوي في المسارات المتعددة فإن أفضل حزمة ستكون مرتبطة مع أقوى إشارة مستقبلة في نظام تنوع الزاوي، و هذا بدوره سيقدم أعلى معدل ربح للهوائي و للطاقة، وستكون هذه الحزمة ذات أهمية كبيرة بالمقارنة مع باقي الحزم. في هذه الحالة فإن دارات الربط في أنظمة التنوع ستقدم فعالية ضعيفة و يعود ذلك الى عدم توازن الطاقة بين الأقنية، عندما يكون الانتشار الزاوي في مسارات متعددة ذا أهمية كبيرة فإن متوسط ربح الهوائي سيقل في أفضل قناة و سيكون لدينا العديد من الحزم ذات مستويات طاقة متوسطة و متقاربة و بالتالي فإن عدد الأقنية التي ستساهم في إعطاء فعالية أفضل للتنوع سيكون أقل بكثير من العدد الكلي للحزم M. وهكذا سيقل عدد الأقنية عن العدد المطلوب M اللازم لتحقيق الربط في أنظمة التنوع و سيعتمد الانتشار الزاوي النموذجي متعدد المسارات على طبيعة البيئة المعطاة.

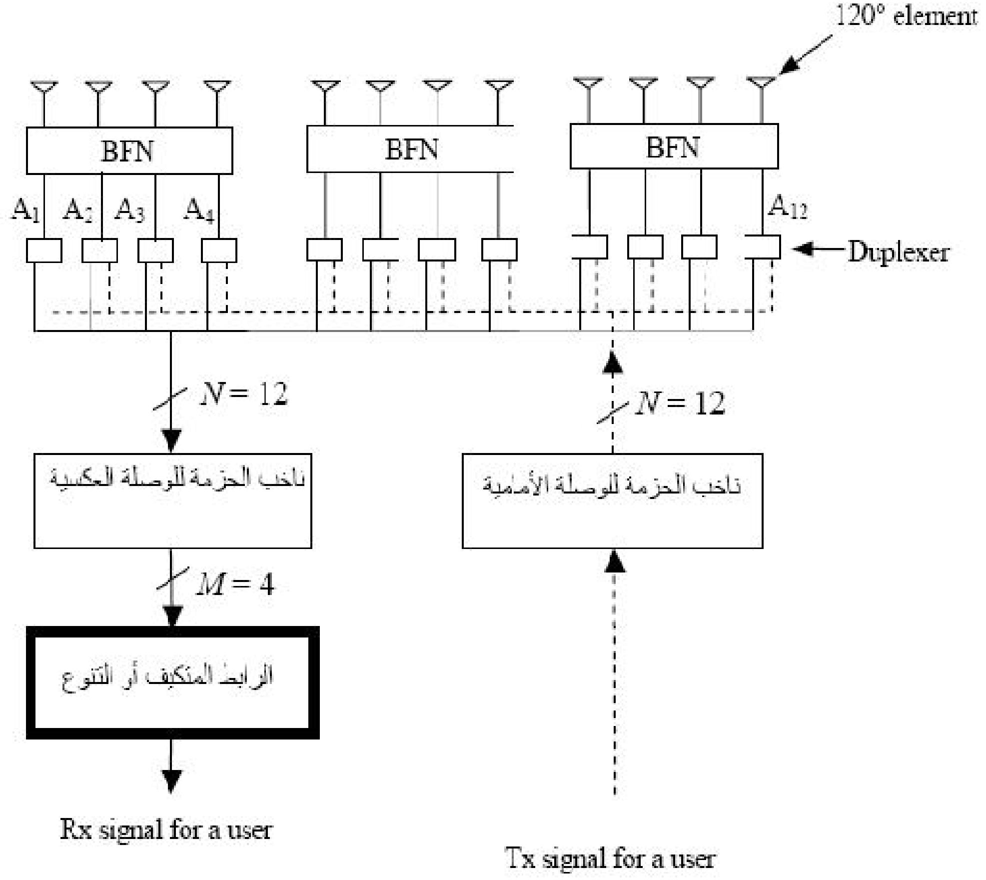
الشكل (٢-٤) فيه N=12، M=4 والمشترك في الموقع A عندئذ يمكن لمحطة القاعدة أن تستخدم الحزم من ٣ إلى ٦ حزم لنظام ربط التنوع في الوصلة العليا و الحزمة (٤) لأجل الوصلة السفلى المرسلة. عندما يتحرك المشترك من الموقع Aإلى الموقع B عندئذ فان محطة القاعدة تتخلى عن الحزمة (٣) و تضيف الحزمة (٧) حزم لربط التنوع بالحزمة العليا (الأمامية) و تختارالحزمة (٥) لوصلة الإرسال السفلى (العكسية). إن ناخب الأقنية للوصلة العليا لنظام تنوع الزاوية سيختار أفضل M حزمة من بين N حزمة كما هو مبين بالشكل (٢-٦). يتم الاختبار السابق لأجل N حزمة بشكل بطيء وذلك بعد مراقبة معدل الطاقات المستقبلة من N حزمة خلال وقت محدد لذلك فإنها لن تتأثر بشكل لحظي بالتضيعف لمسارات متعددة. بعد اختيار الحزمة العليا يمكن أن نطبق ربط التنوع أو عملية متلائمة على M قناة، طريقة الربط بالاختيار في نظام تنوع الزاوية تقدم اختياراً لحظياً لأفضل قناة من بين M قناة. [١٥].[١١]



الشكل(٢-٤) نظام ١٢ قطاعاً في بيئة متعددة المسارات



الشكل(٢-٥) نظام أربع حزم متعامدة



الشكل(٢-٦) تركيب محطة القاعدة لنظام مؤلف من N قطاع في نظام تنوع الزاوية

٢-٣ تقنيات ربط التنوع Diversity Combining Techniques

يبين الشكل (٢-٧) نظام الربط بشكل عام، و إشارات الخرج لهذا النظام تكون معطاة بالعلاقة:

$$y(t)=\sum_{m=1}^{M}W^{*}u_{m}(t)=\sum_{m=1}^{M}W^{*}\left[b_{m}(t).s(t)+n_{m}(t)\right] \quad (٢-٦)$$

$$u_{m}(t)=b_{m}(t).s(t)+n_{m}(t) \quad (٢-٧)$$

حيث أن :

M: عدد عناصر الهوائيات. $s(t)$: الإشارة المرسلة. $u_m(t)$: إشارة الخرج للمستقبل. $b_m(t)$: استجابة القناة. W_m: الوزن و هو مقدار ربح الاشارة و يعبر عن طاقة الاشارة. $n_m(t)$: إشارة الضجيج عند m فرع للنظام.

و تعطي هذه العلاقة على شكل مصفوفة :

$$y(t) = W^H U(t) = \sum_{m=1}^{M} w_m^* [b_m(t).s(t) + n_m(t)] \qquad (٢-٨)$$

$$U(t) = b(t).s(t) + n(t) \qquad (٢-٩)$$

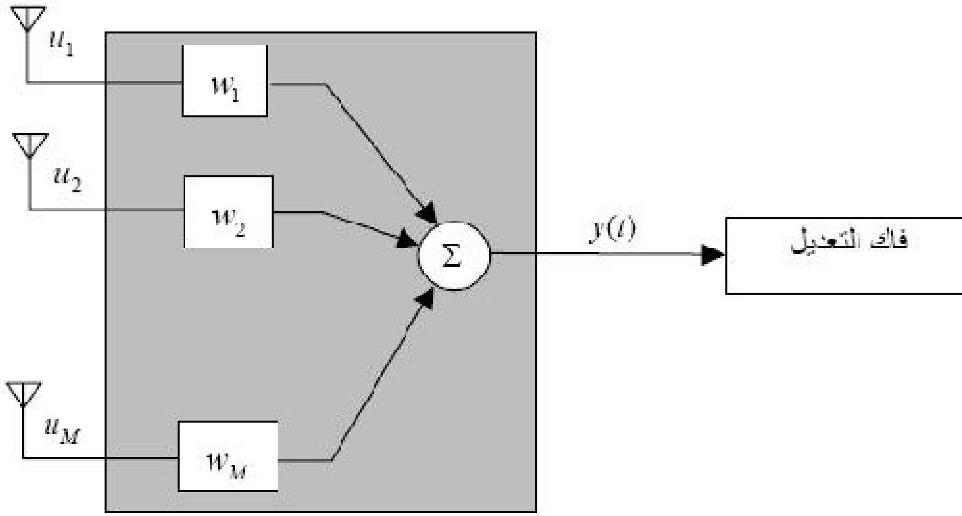
حيث أن :

$$W = [w_1 .....w_2 ....w_M]^T \qquad (٢-١٠)$$

$$b(t) = [b_1(t)......b_2(t)............b_M(t)]^T \qquad (٢-١١)$$

$$n(t) = [n_1(t)......n_2(t)...................n_M(t)]^T \qquad (٢-١٢)$$

حيث إن: H هي مرافق منقول المصفوفة. T هي منقول المصفوفة



الشكل(٢-٧) نظام ربط التنوع بشكل عام

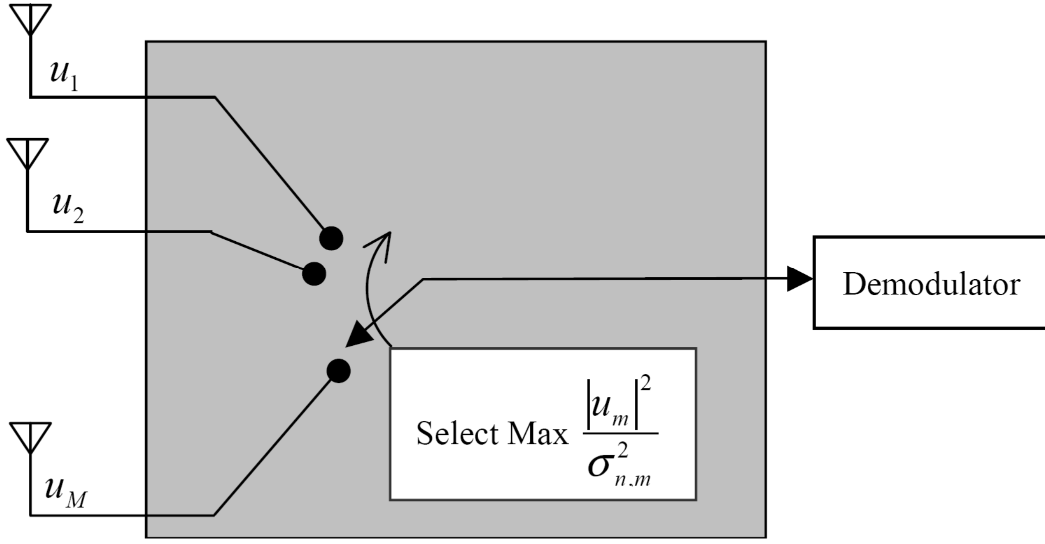
٢-٣-١ الربط بالاختيار (SC)

عملية الربط بالاختيار هي الطريقة الأقل تعقيداً من طرق الربط الخطية الثلاثة: الاختيار، الربح المتساوي، النسبة العظمى. تعتمد طرق الحساب في طريقة الربط بالاختيار لنظام التنوع على مبدأ اختيار أفضل إشارة من الإشارات المستقبلة من فروع مختلفة لعدة مستقبلات كما في الشكل (٢-٨a). في هذه الطريقة، نضع w_k في العلاقة (٢-٦)بحيث يكون دليل القناة، والتي فيها نسبة الإشارة إلى الضجيج (SNR) $\gamma_k \geq \gamma_{m....}$ عندئذ يكون:

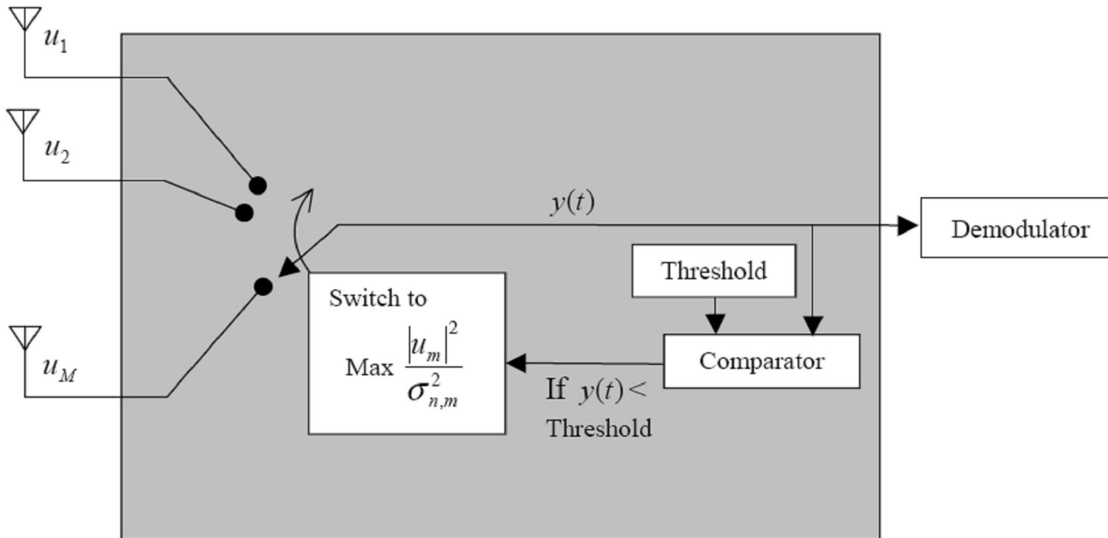
$$w_m = \begin{cases} 1 & k = m \\ 0 & k \neq m \end{cases} \quad \text{for } m = 1, \ldots, M. \qquad (٢-١٣)$$

طريقة الربط بالاختيار صعبة الإنجاز في بعض أنظمة الاتصالات، وفي هذه الأنظمة نستخدم مفتاح الربط بحيث ينتقل من هوائي لآَخر بشكل دائم وذلك لأنه يعتمد على مستوى عتبة ثابت للإشارة المختارة، حيث يتم مقارنة الإشارة المستقبلة مع مستوى العتبة الثابتة، ففي حال كون مستوى الإشارة أكبر من مستوى العتبة فإن هذه الإشارة سوف تقاد إلى دارة المعدل، و إذا كان مستوى الإشارة أقل من مستوى العتبة فإن هذه الإشارة ستعاد إلى دارة المفتاح المتنقل وذلك ليتم اختيار إشارة أخرى من هوائي أخرى كما هو مبين بالشكل (٢-٨).

الشكلين (٢-٨) و (٢-٩) يظهران الفرق بين تقنية الربط بالاختيار و تقنية مفتاح الاختيار. باعتبار النتائج التي تم الحصول عليها من تقنية مفتاح الاختيار تمثل جزءاً من نتائج تقنية الربط بالاختيار لذلك لن تعتمد هذه الطريقة.

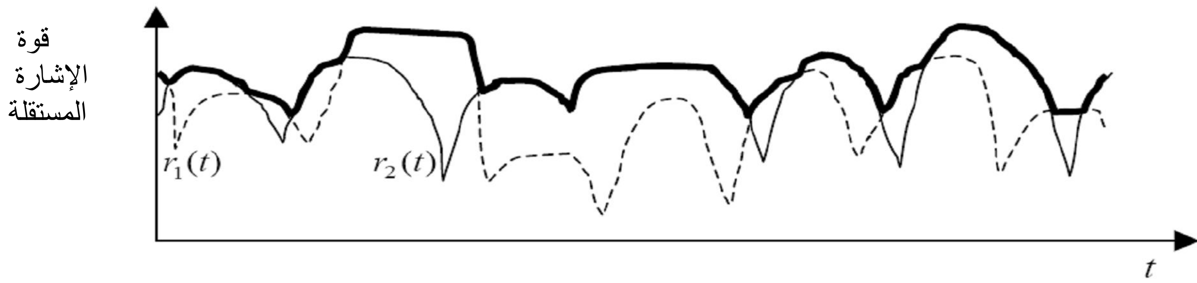


الشكل(a) الربط بالاختيار

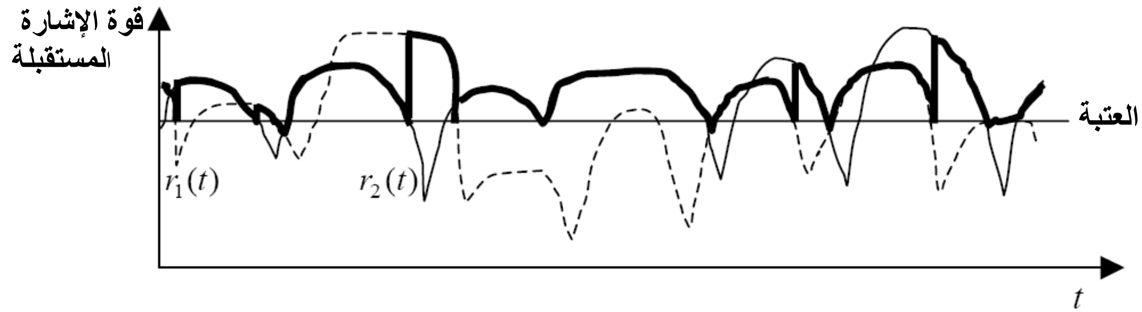


الشكل(b) مخطط ربط التنوع باستخدام مفتاح الربط

الشكل(٢-٨) الفرق بين طريقة الربط بالاختيار و مفتاح الاختيار



(a) إشارة الربط بالاختيار



(b) إشارة الربط بالمفتاح

الشكل (2–9) الفرق بين إشارات الربط بمفتاح الاختيار و الربط بالاختيار

2–٣–٢ الربط بالنسبة العظمى (MRC)

الإشارة التي يتم استقبالها من M فرع في طريقة الربط بالنسبة العظمى تخضع لإزاحة طور و لعملية وزن قبل أن يتم جمعها كما هو مبين بالشكل (٢–١٠) و أن نسبة الإشارة إلى الضجيج γ . الشكل (٢–٧) يبين الحالة العامة لنظام الربط و بالتالي γ تكتب بالشكل التالي:

$$\gamma = \frac{W^H . R_S . W}{W^H . R_n . W} \qquad (١٤-٢)$$

حيث أن :

$$R_S = E\left[\left|s(t)\right|^2\right] E\left[b . b^H\right] \qquad (١٥-٢)$$

$$R_n = E\left[n . n^h\right] \qquad (١٦-٢)$$

حيث أن Rs و Rn هي مصفوفة الإشارة و الضجيج على التوالي و بالتالي نستطيع كتابة العلاقة (٢-١٦) بالشكل التالي:

$$y(t) = W^{H} u(t) = \sum_{m=1}^{m} w_m^* \left[b_m(t).s(t) + n_m(t) \right]$$

و باعتبار أن الضجيج هو ضجيج غوص الأبيض وبالتالي نستطيع كتابة المصفوفة الاصطلاحية للضجيج من العلاقة (٢-١٦) بالشكل التالي :

$$\mathbf{R}_n = E[\mathbf{n}\mathbf{n}^H] = \begin{bmatrix} \sigma_{n,1}^2 & & & 0 \\ & \sigma_{n,2}^2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \sigma_{n,M}^2 \end{bmatrix}. \qquad (١٧-٢)$$

و باعتبار إن ضجيج غوص الأبيض له تأثير على الإشارة عندئذ يجب أن نراقب طاقة الضجيج عند خرج المستقبلات و التي عندها يتم حساب الضجيج الحراري فقط. فإذا كانت عناصر الهوائيات المستخدمة كلها متطابقة عندئذ فإن طاقة الضجيج الحراري في كل فرع ستكون متساوية و العلاقة (٢-١٧) تتحول إلى المصفوفة الواحدية. و عنصر الضجيج يعود إلى شكل الضجيج للنظام المستخدم قبل الربط و الذي يمكن أن يكون معطى بالعلاقة (٢-١٧) و التي تعتمد على نقطة المراقبة أو نقطة الربط. و بتعويض العلاقة (٢-١٧) في العلاقة (٢-١٤) نحصل على:

$$\gamma = \frac{W^H.R_S.W}{W^H R_n.w} = E\left[\left|S(t)\right|^2\right] \frac{\left|\sum_{m=1}^{M} w_m^*.b_m\right|^2}{\sum_{m=1}^{M} \left|W_m\right|^2.\sigma_{n,m}^2} \qquad (١٨-٢)$$

و باستخدام المتراجحة تصبح العلاقة بالشكل التالي :

$$\left|\sum_{m=1}^{M} w_m^*.b_m\right|^2 \le \left[\sum_{m=1}^{M} \frac{\left|b_m\right|^2}{\sigma_{n,m}^2}\right] \cdot \left[\sum_{m=1}^{M} \left|b_m\right|^2.\sigma_{n,m}^2\right] \qquad (١٩-٢)$$

$$\gamma = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\frac{\left|\sum_{m=1}^{M} w_m^* b_m\right|^2}{\sum_{m=1}^{M}\left|w_m\right|^2.\sigma_{n,m}^2} \leq \sum_{m=1}^{M}\frac{\left|b_m\right|^2}{\sigma_{n,m}^2} \qquad (٢-٢٠)$$

و تستخدم علاقة المساواة فقط إذا كان:

$$W_M = K\frac{b_m}{\sigma_{n,m}^2} \qquad (٢-٢١)$$

و باستخدام العلاقة (٢-٢١) فان نسبة الإشارة إلى الضجيج بعد عملية الربط بالنسبة العظمى تصبح بالشكل التالي :

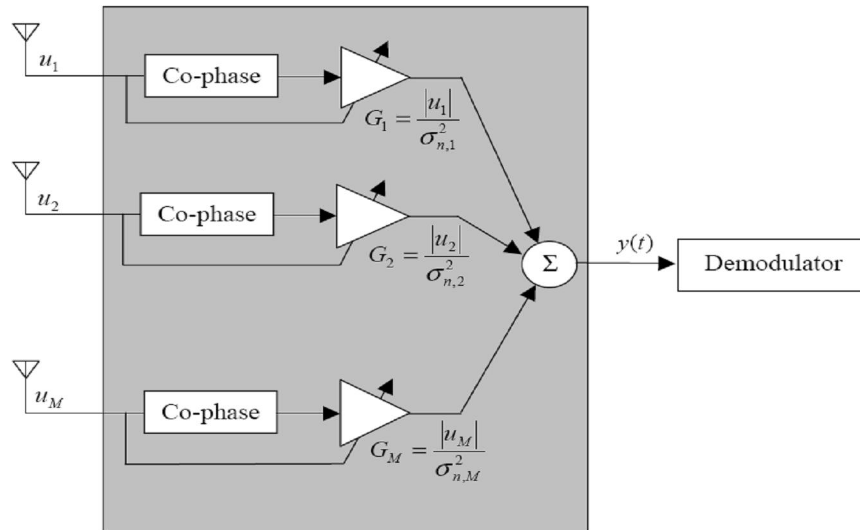
$$\gamma = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\sum_{m=1}^{M}\frac{\left|b_m\right|^2}{\sigma_{n,m}^2} = \sum_{m=0}^{M}\gamma_m \qquad (٢-٢٢)$$

باعتبار أن :

$$\gamma_m = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\frac{b_m b_m^*}{\sigma_{n,m}^2} \qquad (٢-٢٣)$$

حيث أن: γ_m تمثل نسبة الإشارة إلى الضجيج لكل فرع قبل الربط. إذا كانت طاقة الضجيج لكل فرع هي: $\sigma_{n,0}^2$.

$$\gamma = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\sum_{m=1}^{M}\frac{\left|b_m\right|^2}{\sigma_{n,m}^2} = \frac{E\left[\left|s(t)\right|^2\right]}{\sigma_{n,0}^2}.\sum_{m=1}^{M}\left|b_m\right|^2 \qquad (٢-٢٤)$$



الشكل(٢-١٠) مخطط نظام الربط بالنسبة العظمى

٢-٣-٣ الربط بالربح المتساوي

على الرغم من أن تقنية الربط بالنسبة العظمى تعد تقنية مثالية لربط التنوع إلا أنها تتطلب تكلفة كبيرة لتصميم دارات المستقبل لضبط الربح في كل فرع، في حين يمكن لتقنية الربط بالربح المتساوي إنجاز الأداء المطلوب بسهولة باستخدام دارة الجمع للقفل الطوري و المبينة بالشكل (٢-١١).

تستطيع تقنية الربط بالربح المتساوي ربط فروع الإشارة المفردة بشكل متماسك، ولكنها غير مثالية لربط عناصر الضجيج بشكل متماسك كما هو مبين بالشكل (٢-١٢). و يعبر عن الوزن في كل فرع لتقنية الربط بالربح المتساوي بالعلاقة :

$$W_m = \frac{b_m}{|b_m|} \qquad (٢-٢٥)$$

عندئذ فإن نسبة الإشارة إلى الضجيج (SNR) في تقنية الربط بالربح المتساوي بعد استخدام العلاقة السابقة تصبح بالشكل:

$$\gamma = \frac{W^H.R_S.W}{W^H.R_n.W} = E\left[|S(t)|^2\right]\frac{\left|\sum_{m=1}^{M} W_m^*.b_m\right|^2}{\sum_{m=1}^{M}|W_m|^2.\sigma_{n,m}^2} \qquad (٢-٢٦)$$

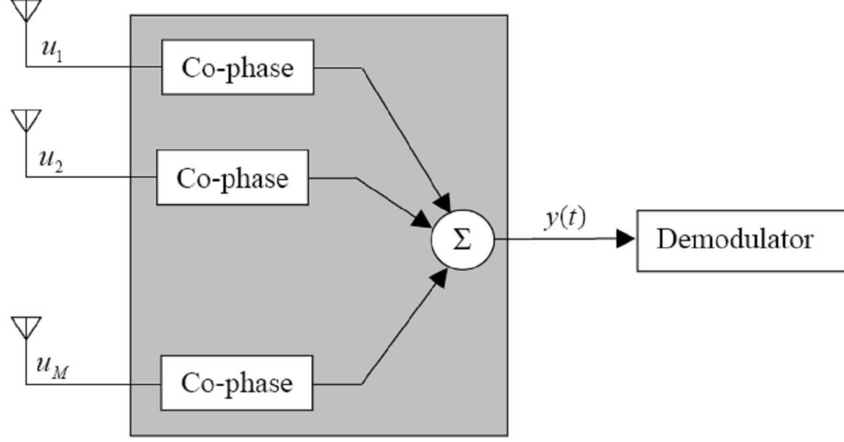
$$= E\left[|S(t)|^2\right]\frac{\left[\sum_{m=1}^{M}|b_m|\right]^2}{\sum_{m=1}^{M}\sigma_{n,m}^2} = E\left[|s(t)|^2\right]\frac{r^2}{\sum_{m=1}^{M}\sigma_{n,m}^2} \qquad (٢-٢٧)$$

حيث أن :

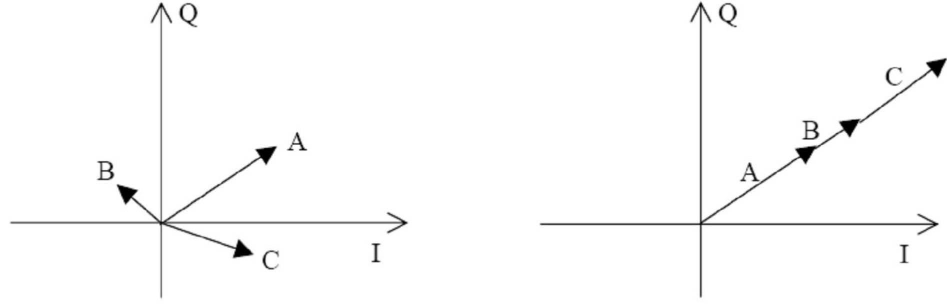
$$r = \sum_{m=1}^{M}|b_m| \qquad (٢-٢٨)$$

إذا كانت طاقة الضجيج في كل فرع مساوية ل $\sigma_{n,0}^2$ فان:

$$\gamma = E\left[|S(t)|^2\right]\frac{r^2}{M.\sigma_{n,0}^2} \qquad (٢-٢٩)$$



الشكل(٢-١١) مخطط التنوع باستخدام تقنية الربط بالربح المتساوي



(a) إشارات لفرع غير متماسك　　　　(b) الربط المتماسك

الشكل (٢-١٢) مخطط إشارة يوضح مفهوم الربط المتماسك

٢-٣-٤ مقارنة بين تقنيات ربط التنوع الثلاثة

يتم معايرة قانون طاقة الإشارة، γ_n، باستخدام $\frac{1}{\sigma_{n,0}^2}$ وذلك لجعل المقارنة بين تقنيات ربط التنوع سهلة، بحيث يعَبر عن γ_n كما يلي :

$$\gamma_n = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]W_m^*.b_m$$ لأجل الربط بالاختيار (٢-٣٠)

$$\gamma_n = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\frac{\left[\sum_{m=1}^{M}\left|b_m\right|\right]^2}{M}$$ لأجل الربط بالربح المتساوي (٢-٣١)

$$\gamma_n = E\left[\left|s(t)\right|^2\right]\sum_{m=1}^{M}\left|b_m\right|^2$$ لأجل الربط بالنسبةالعظمى (٢-٣٢)

و سنعتبر من الآن هذه العلاقات الثلاثة هي الأساس للمقارنة بين تقنيات الربط الثلاثة. تابع الكثافة الاحتمالي لتوزيع رايلي لغلاف الإشارة تعَبر عنه بالعلاقة :

$$f_{rm} = \frac{2r_m}{\sigma_{rm}}.e^{\frac{r_m^2}{\sigma_{rm}^2}}$$ (٢-٣٣)

حيث أن σ_{rm}^2 هي طاقة الإشارة الوسطية للفرع m. ونسبة الإشارة إلى الضجيج(SNR) الحالية ، γ_m ، هي:

$$\gamma_m = \frac{r_m^2}{2\sigma}$$ (٢-٣٤)

وبالتالي فان العلاقة (٢-٣٣) تصبح :

$$f_{\gamma.m} = \frac{1}{\Gamma_m}e^{\frac{\gamma_m}{\Gamma_m}}$$ (٢-٣٥)

حيث أن Γ_m هو متوسط نسبة الإشارة إلى الضجيج للفرع m و يعبر عنه بالعلاقة:

$$\Gamma_m = \frac{\sigma_{rm}^2}{\sigma_{n,m}^2}$$ (٢-٣٦)

عندما تكون كل γ_m غير مترابطة و جميع Γ_m مساوية إلى قيمة Γ فان احتمال ناتج نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR، γ تمثل تابع التوزيع التراكمي و تعطى قيمة الاحتمال بالعلاقة:

$$p(\gamma \le x) = \left(1 - e^{-\frac{x}{\Gamma}}\right)^M$$ لأجل الربط بالاختيار (٢-٣٧)

$$P(\gamma \le X) = 1 - e^{\frac{x}{\Gamma}}\sum_{m=1}^{M}\frac{1}{(m-1)}\left[\frac{x}{\Gamma}\right]^{m-1}$$ لأجل الربط بالنسبة العظمى (٢-٣٨)

و باستخدام برنامج MathCAD 14 لإجراء المحاكاة لتوابع التوزيع التراكمي بالنسبة لنسبة الإشارة الى الضجيج نجد:

المخطط البياني (٢-١٣) من أجل $\Gamma = 1$.

وذلك لأن التعبير الرياضي المحصور بين قوسين للربط بالربح المتساوي لايمكن الاستفادة منه، ونستفيد فقط من النتائج العددية. ومعدل نسبة الإشارة إلى الضجيج بعد كل عملية ربط تلخص كالتالي:

(٢-٣٩) من أجل الربط بالاختيار $$\langle \gamma \rangle = \Gamma \sum_{m=1}^{M} \frac{1}{m}$$

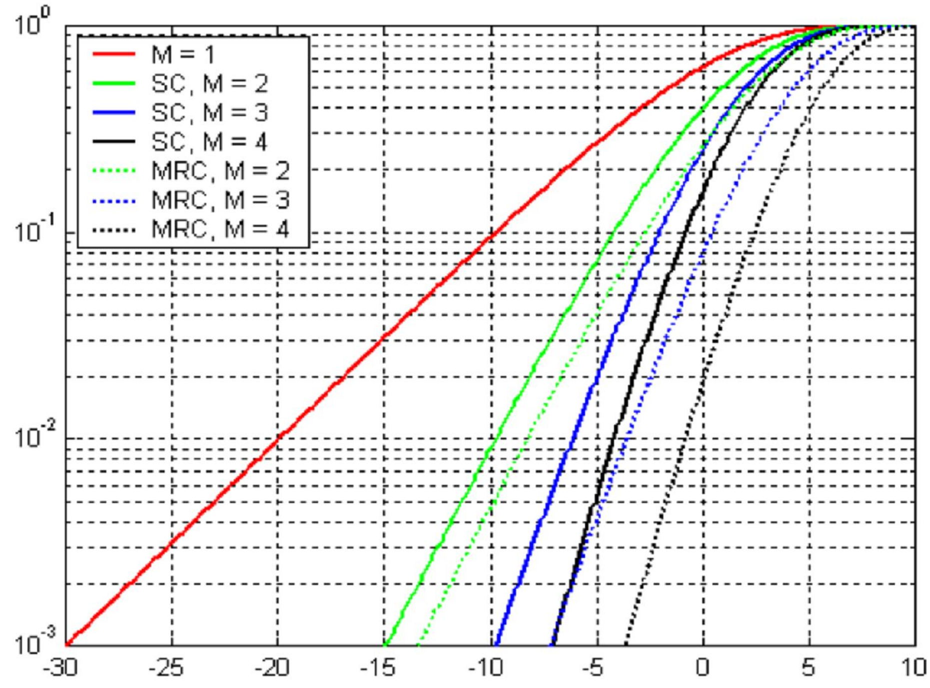
(٢-٤٠) من أجل الربط بالربح المتساوي $$\langle \gamma \rangle = \Gamma \left[1 + (M-1).\frac{\pi}{4} \right]$$

(٢-٤١) من أجل الربط بالنسبة العظمى $$\langle \gamma \rangle = \Gamma . M$$

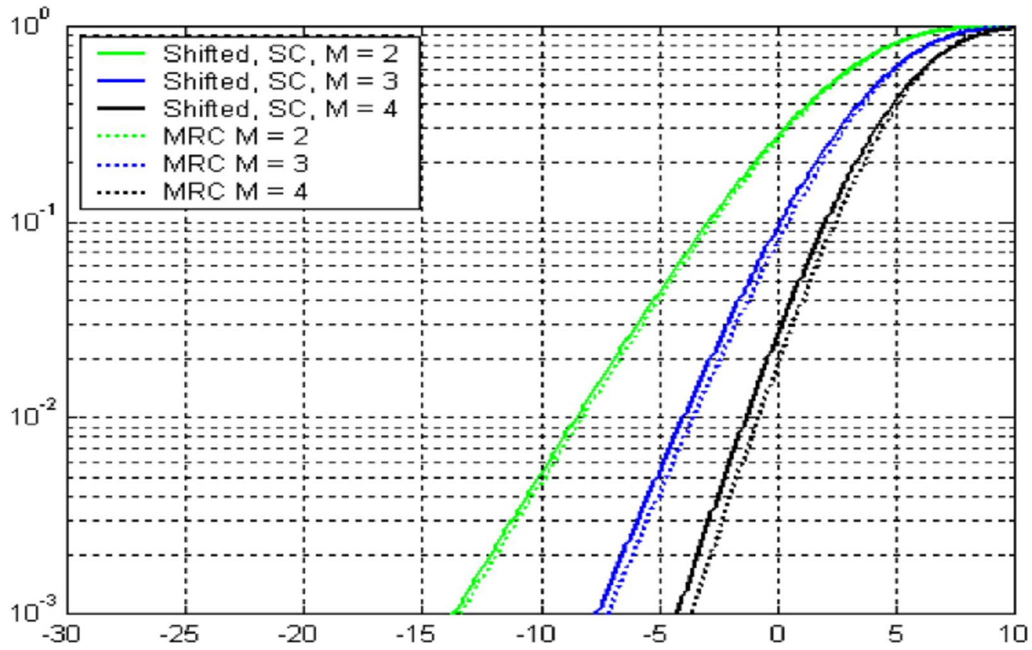
يتم تحسين معدل نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR في حالة الربط بالنسبة العظمى بزيادة عدد الفروع، و يكون معدل الإشارة إلى الضجيج في حالة الربط بالربح المتساوي حوالي ١.٠٥ ديسيبل و على الغالب يكون أقل منه في حالة الربط بالنسبة العظمى.تحسين معدل نسبة الإشارة إلى الضجيج في طريقة الربط بالاختيار، يتم بشكل بطيء مع زيادة عدد الفروع، الشكل (٢-١٤) يبين توابع التوزيع التراكمية لإزاحة الربط بالاختيار لكي يعطي M فرع.

(٢-٤٢) من أجل الربط بالاختيار المزاح $$P(\gamma \le X) = \left[1 - e^{-\frac{x}{\Gamma}} \right]^{M} - \Gamma \sum_{m=1}^{M} \frac{1}{m} + \Gamma . M$$

من الواضح من خلال المقارنة أن الفائدة من الربط بالنسبة العظمى تكون أكبر منها في الربط بالاختيار وذلك لأن معامل تحسين نسبة الإشارة إلى الضجيج أفضل في حالة الربط بالنسبة العظمى.



الشكل(٢-١٣) توابع التوزيع التراكمي لتقنيات الربط بالاختيار و الربط بالنسبة العظمى



الشكل(٢-١٤) توابع التوزيع التراكمية لازاحة الربط بالاختيار و الربط بالنسبة العظمى

٢-٣-٥ مقارنة بين تقنيات الربط باستخدام برنامج Matlab Simulation

عملية قياس الخفوت مها كان الخفوت بسيطاً تستخدم لوصف سرعة تذبذب المطال،الطور، تأخير الانتشارخلال عدة مسارات للإشارة الراديوية خلال فترة زمنية صغيرة أو خلال مسافة الانتشار. و حدوث هذا الخفوت ناتج عن التداخل بين أمواج المسارات المتعددة التي تصل إلى المستقبل خلال فترات مختلفة حيث يتم ربط هذه الأمواج للوصول إلى الإشارة النهائية و التي تكون عريضة المطال و الطور، معتمدة على توزيع الكثافة و زمن الانتشار النسبي للأمواج و عرض الحزمة المرسلة. باعتبار أن تردد حامل المرسل f_C عندئذ فإن الإشارة هي $s(t)=\cos(2\pi f_c t)$ و غلافها المركب سيكون $S_1(t)=1$ خلال الزمن t و بالتالي فان الإشارة المستقبلة يعبر عنها بالشكل التالي:

$$r_1(t)=\sum_n a_n(t)e^{-j2\pi.f_c\tau_n(t)}=\sum_n a_n(t)e^{-J\theta_n(t)}=R(t)\cos(2\pi f_c t+\theta(t)) \quad (٢-٤٣)$$

عندما يكون لدينا عدد كبير من المسارات فإن الإشارة المستقبلة ستخضع لعملية غوص العشوائية ذات القيم المعقدة و بالتالي نستطيع كتابة العلاقة السابقة بالشكل:

$$S(t)=\cos(2\pi f_c t) \quad (٢-٤٤)$$

$$r(t)=g\cos(2\pi f_c t)+X_c\cos(2\pi f_c t)-X_s\sin(2\pi f_c t)=R(t)\cos(2\pi f_c t+\theta(t))$$

حيث أن $g.\cos(2\pi f_c t)$ هو عبارة عن مركب لمسار لا يحتوي على خفوت و مركبات التشتت هي : $X_c\cos(2\pi f_c t)-X_S\sin(2\pi f_c t)$

باعتبار أن $r_1(t)$ هي عبارة عن الاستجابة لمكافىء قناة التمرير المنخفض بالنسبة لمكافىء إشارة التمرير المنخفض $S_1(t)$. مكافىء القناة يمكن وصفه من خلال استجابة النبضات المتغيرة مع الزمن :

$$C(\tau,t)=\sum_n a_n(t)e^{-j2\pi.f_c.\tau_n(t)}.S(\tau-\tau_n(t)) \quad (٢-٤٥)$$

حيث أن $C(\tau,t)$ تمثل الاستجابة النبضية عندما تكون عملية غوص ذات قيمة صفرية. و الغلاف $|C(\tau,t)|$. عند أي لحظة زمنية هو عبارة عن توزيع رايلي،و في هذه الحالة نقول عن هذه القناة أنها قناة خفوت رايلي.

في حال كان لدينا مشتتات ثابتة أو عاكسات إشارة في الوسط بالإضافة إلى مشتتات تتحرك بشكل عشوائي فان $C(\tau,t)$ لن تكون لها قيمة صفرية و بالتالي فإننا ندعو هذه القناة في هذه الحالة بقناة خفوت رايسن و الغلاف $|C(\tau,t)|$ له توزيع رايسن.

باعتبار أن الإشارة عند المستقبل هي $Y = as + n$ حيث أن a هي عبارة عن ربح غوص المركب للقناة، S هي الإشارة المرسلة و n هو ضجيج غوص المضاف عبر القناة فإذا كان رمز وزن الربط β كان خرج الربط عندئذ هو:

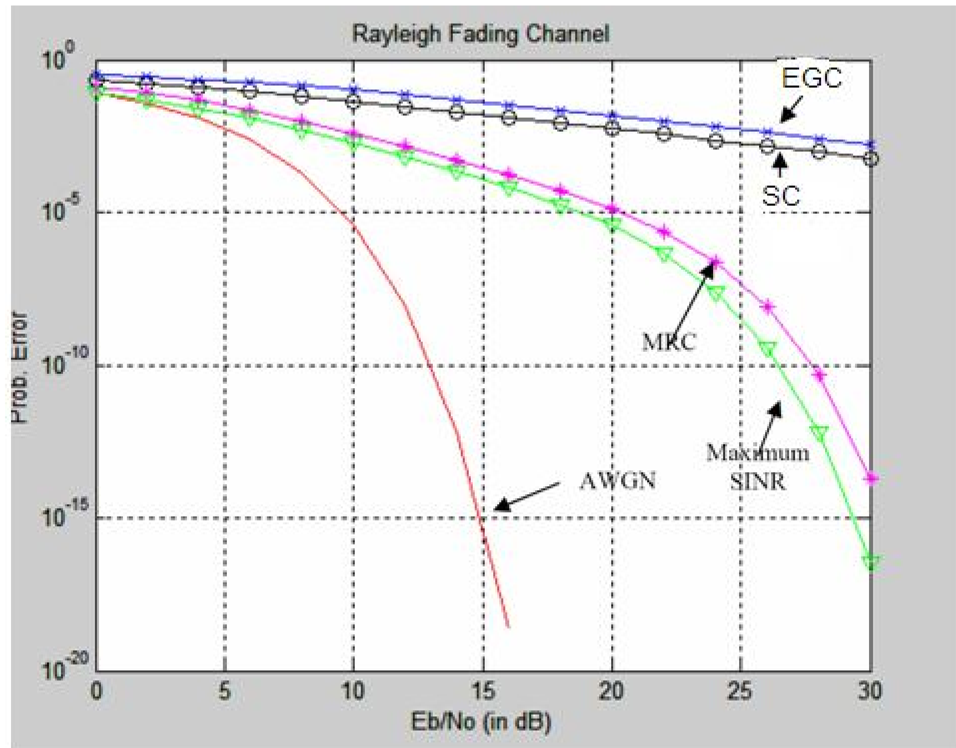
$$Y = \beta^H as + \beta^H n \tag{٤٦-٢}$$

و نسبة الإشارة إلى الضجيج بعد الربط تأخذ الشكل:

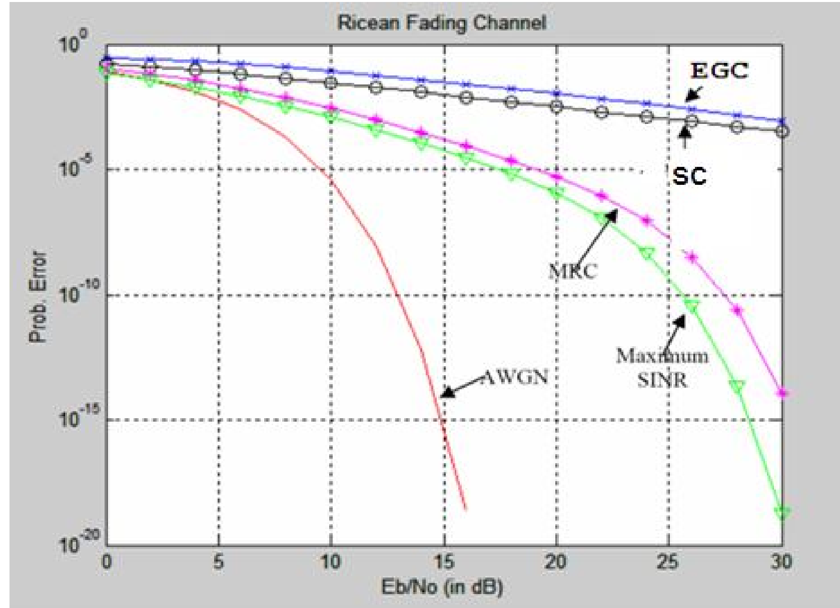
$$SNR = \frac{\left\|\beta^H a\right\|}{\beta^H R_{nn}\beta} E\left(s^2\right) \tag{٤٧-٢}$$

فاذا كانت قيمة a مساوية للصفر فإنه عندئذ هذه القناة بقناة خفوت رايلي أما غير ذلك فاننا ندعو القناة بقناة خفوت رايسن.

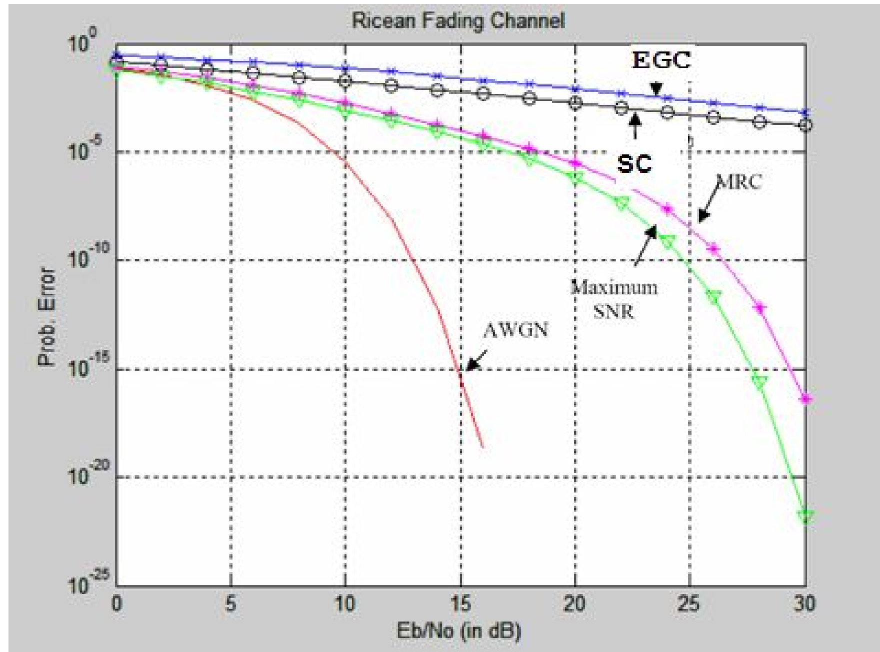
نتائج المحاكاة



الشكل(٢-١٥) يوضح معدل خطأ الرمز في قناة خفوت رايلي



الشكل(٢-١٦) يوضح معدل خطأ الرمز في قناة خفوت رايسن من أجل $a=\sqrt{\frac{1}{2}}$



الشكل(٢-١٧) يوضح معدل خطأ الرمز في قناة خفوت رايسن من أجل $a=\frac{1}{2}$

نتائج المحاكاة

ومن خلال الرسم الناتج وجدنا أن BER معدل خطأ البت يتراجع و يعود ذلك إلى وجود الخفوت. و تقنيات التنوع ذات أثر فعال لتعويض التأثيرات الكبيرة للخفوت، و يتم تحسين أداء BER في طريقة الربط SINR الأعظمية و طريقة الربط بالنسبة العظمى في حين أن طريقة الربط بالاختيار و طريقة الربط بالربح المتساوي تزيد من أداء النقص الهامشي.

٢-٤ تقنيات تشكيل الحزم المتكيفة Adaptive Beamforing Techniques

في هذا القسم سيتم مناقشة تقنيات تشكيل الحزم المتكيفة الأساسية الثلاثة:

٢-٤-١ المصفوفات المتكيفة

يبين الشكل (٢-١٨) نظام المصفوفة المتكيفة بشكل عام. والفرق الأساسي بين أنظمة التنوع و المصفوفات المتكيفة هو أن نظام المصفوفة المتكيفة يحاول أن يوقف تداخل الإشارات باستخدام التغذية العكسية للخرج بضبط الأوزان.

وبشكل أبسط سنعيد كتابة العلاقات من (٢-٨) إلى (٢-١٢) لتتضمن مكونات التداخل و ذلك لنظام المصفوفة المتكيفة ذي الحزمة الضيقة.

$$y(t)=W^{H}.u(t)=\sum_{m=1}^{M} w_m^{*}\left[b_m(t).s(t)+i_m(t)\right]=y_s(t)+y_i(t) \quad (٢-٤٣)$$

$$u(t)=b(t).s(t)+i(t) \quad (٢-٤٤)$$

$$y_s(t)=W^{H}b(t).s(t) \quad (٢-٤٥)$$

$$y_i(t)=W^{H}i(t) \quad (٢-٤٦)$$

حيث أن :

$$W=\left[w_1.....w_2...............w_M\right]^{T} \quad (٢-٤٧)$$

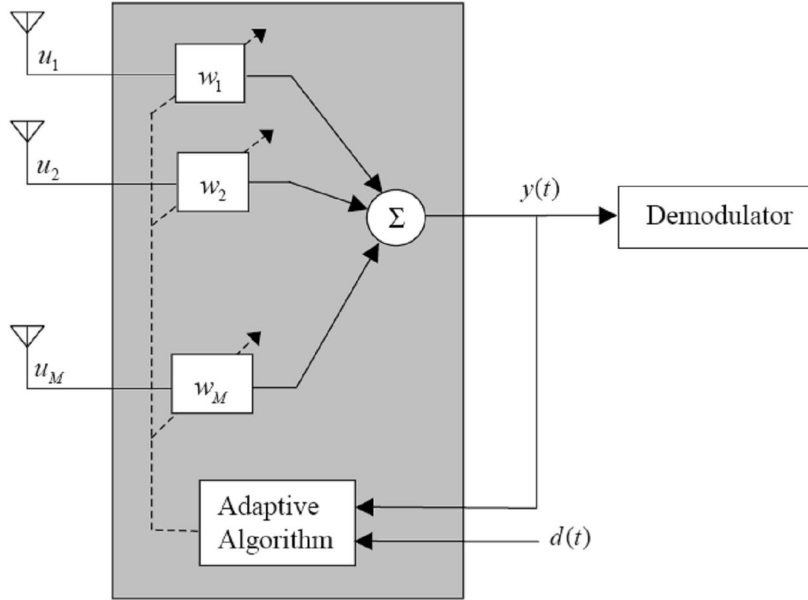
$$b(t)=\left[b_1(t)......b_2(t)...........b_M(t)\right]^{T} \quad (٢-٤٨)$$

$$i(t)=\left[i_1(t)........i_2(t)..................i_M(t)\right]^{T} \quad (٢-٤٩)$$

و i_m هي عبارة عن مجموع إشارات التداخل مضافاً إليها الضجيج عند m فرع و يمكن أن نكتب المعادلة (٢-٤٩) بالشكل التالي:

$$i(t)=\sum_{J=1}^{N_i} S_j(t).b_j(t)+n(t) \quad (٢-٥٠)$$

حيث أن $b_j(t)$ تشير إلى الحيز المستخدم من أجل j إشارة تداخل، $S_j(t)$ و N_I هو عدد إشارات التداخل.[١٥]



الشكل(٢-١٨) مخطط صندوقي لنظام مصفوفة متكيفة

٢-٤-٢ الخطأ التربيعي المتوسط الأصغري

تختار خوارزمية الخطأ التربيعي المتوسط الأصغري الوزن لتصغير الخطأ التربيعي المتوسط (MSE) بين خرج مشكلات الحزمة و الإشارة المرجعية :

$$E\left[e^2(t)\right] = E\left[\left|d(t) - w^H u(t)\right|^2\right] \qquad (٢-٥١)$$

حيث أن $d(t)$ هي الإشارة المرجعية و الحل الأمثل لها يكتب بالشكل التالي:

$$W_{opt} = R^{-1}.r \qquad (٢-٥٢)$$

$$r = E\left[d(t).u(t)\right] \qquad (٢-٥٣)$$

$$R = E\left[u(t).u^H(t)\right] \qquad (٢-٥٤)$$

و بعد معالجة العلاقة (٢-٥٢) يمكن كتابتها بالشكل :

$$W_{opt} = B.R_i^{-1}.b \qquad (٢-٥٥)$$

$$B = \frac{E\left\{d^2(t)\right\}}{1 + E\left\{d^2(t)\right\}.b^H.R_u^{-1}.b} \qquad (٢-٥٦)$$

$$R_i = E\left\{i.i^H\right\} \qquad (٢-٥٧)$$

٢-٤-٣ نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل

متوسط نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل SINR للعلاقة (٢-٤٢) يعبر عنها بالشكل التالي:

$$SINR = \frac{E\left[\left|y_s(t)\right|^2\right]}{E\left[\left|y_i(t)\right|^2\right]} \qquad (٢-٥٨)$$

$$= E\left[\frac{W^H.b_s(t).(b_s(t))^H W}{W^H.i.i^H.w}\right] = \frac{W^H.R_S.W}{W^H.R_I.W} \qquad (٢-٥٩)$$

$$R_S = E\left[\left|S(t)\right|^2\right]b.b^H \qquad (٢-٦٠)$$

الوزن المثالي لنسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل (Max SINR) نحصل عليها من المعادلة التالية:

$$R_I^{-1}R_S W = \lambda_{\max} W \qquad (٢-٦١)$$

حيث أن $\lambda_{\max}$ هي القيمة المثلى لنسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل و W_{opt} هو الشعاع الكامن الموافق ل $\lambda_{\max}$. و نعبر عن الوزن المثالي بعد إجراء المعالجة المناسبة بالعلاقة :

$$W_{opt} = \beta.R_i^{-1}.b \qquad (٢-٦٢)$$

$$\beta = \frac{E\{d^2(t)\}}{SINR}b^H W_{opt} \qquad (٢-٦٣)$$

٢-٤-٤ الفرق الأصغري و الفرق القسري الخطي

يمكن كتابة المعادلة (٢-٤٣) بالشكل:

$$y(t) = W^H u(t) = W^H b_S(t) + W_i^H \qquad (٢-٦٤)$$

يفرض الفرق الأصغري موانع على العلاقة(٢-٤٦) من خلال :

$$W^H.b = g \qquad (٢-٦٥)$$

أو

$$b^H W = g^* \qquad (٢-٦٦)$$

و الفرق لإشارة الخرج يعطى بالعلاقة:

$$\mathrm{var}[y(t)] = W^H.R.W = W^H.R_S.W + W^H.R_I.W \qquad (٢-٦٧)$$

وان عملية الاختصار للعلاقة (٢-٦٧) تفرض على العلاقة (٢-٦٥) أن تكون مطابقة للتصغير $W^H.R_{i.}W$.

وبعد إجراء عدة معالجات فإننا سوف نحصل على الوزن الأمثل من خلال العلاقة:

$$W_{opt} = \beta.R_I^{-1}.b \quad (٢-٦٨)$$

$$\beta = \frac{g}{b^H.R_i^{-1}.b} \quad (٢-٦٩)$$

إذا كان لدينا إشارة تداخل ثابتة وفق اتجاه معروف ϕ، عندئذ فيمكن قبول هذه الإشارة للربح الصفري القسري في هذا الاتجاه، مع الأخذ بعين الاعتبار الاستجابة g للإشارة المرغوبة، و هذا يعبر عنه من خلال :

$$\begin{bmatrix} \mathbf{b}^H(\theta) \\ \mathbf{b}^H(\phi) \end{bmatrix} \mathbf{w} = \begin{bmatrix} g^* \\ 0 \end{bmatrix} \quad (٢-٧٠)$$

٢-٤-٥ العلاقة بين تشكيل الحزم المتكيفة و الربط بالنسبة العظمى

رأينا سابقاً من الأوزان المثالية للخطأ المتوسط التربيعي الأصغري و نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل، ومن خلال الفرق الأصغري فإنه يمكن أن نعبر عنها بالصيغة $W_{opt} = \beta.R_i^{-1}.b$. على الرغم من اختلاف قيم β المخصصة لتقنيات مختلفة فان جميع هذه التقنيات تعطي نفس نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل (SINR) و التي تعطى بالعلاقة

$$SINR = \frac{W_{opt}^H.R_S.W_{opt}}{W_{opt}^H.R_i.W_{opt}} = \frac{\beta^2 E\left[S^2(t)\right]b^H.R_u^{-1}.b.b^H.R_u^{-1}.b}{\beta^2.b^H.R_i^{-1}.b} \quad (٢-٧٣)$$

$$= E\left[S^2(t)\right]b^H.R_i^{-1}.b \quad (74-٢)$$

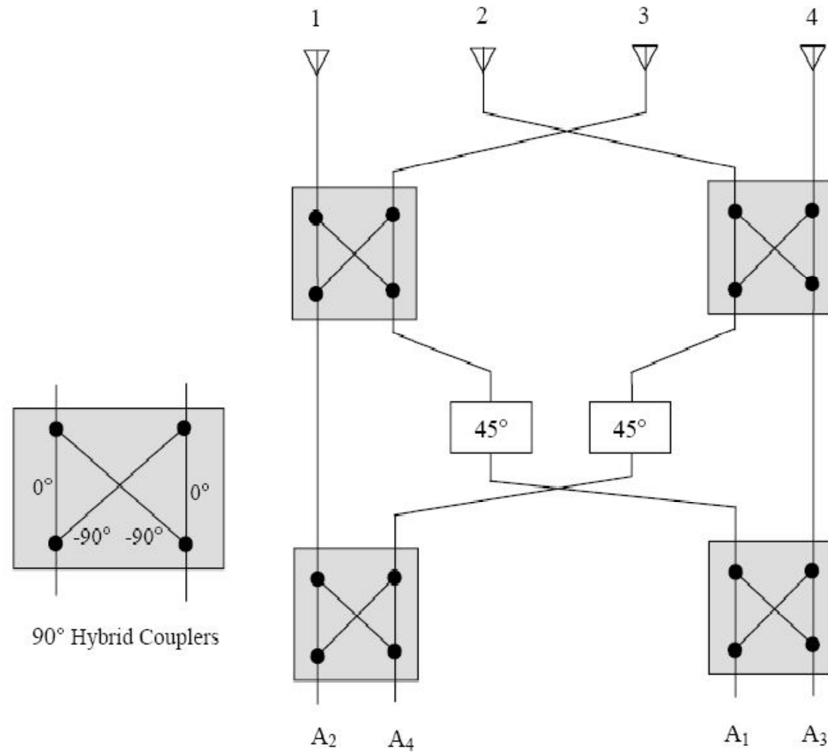
نلاحظ أن المعادلة (٢-٧٤) لا تحتوي على العامل β و تعتمد فقط على b و R_i.

و الآن سنقارن بين قيمة نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل الأمثلية في العلاقة(٢-٧٤) مع قيمتها في طريقة الربط بالنسبة العظمى والتي لا يكون فيها إشارات تداخل. في هذه الحالة فانها

تكتب بالشكل:

$$R_i = \begin{bmatrix} \sigma_{n,1}^2 & & 0 \\ & \sigma_{n,2}^2 & \\ & & \\ 0 & & \sigma_{n,M}^2 \end{bmatrix} \quad (٢-٧٥)$$

والتي هي نفسها تعبر عن R_n في العلاقة (٢-١٧)، عندئذ فان نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل الأمثلية في العلاقة (٢-٧٤) و كذلك نسبة الإشارة إلى الضجيج في تقنية الربط بالنسبة العظمى و المعَبرعنها بالعلاقة (٢-٢٢) تكون نفسها. و الوزن المثالي يصبح بالشكل: $W_{opt} = \beta . R_n^{-1} . b$ والذي هو بالضبط نفس الوزن المستخدم بطريقة الربط بالنسبة العظمى.**[١٦]**



الشكل (٢-١٩) مصفوفة حزمة بسيطة متناظرة ٤×٤

٢-٥ الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة
Multiple –Fixed Narrow Beam Antennas

٢-٥-١ شبكات الحزم الثابتة:

تصف مصفوفة التحويل T شبكة ذات حزمة ضيقة ثابتة (BFN) و التي تربط مداخل M عنصر في مصفوفة الهوائيات مع خرجها Q. و تعطى العلاقة بين المداخل و المخارج لشبكة الحزمة بالشكل:

$$y(t) = T^H . u(t) \qquad (٧٦-٢)$$

وبشكل نموذجي ، فإن شبكة الحزمة تولدM خرج من M عنصر و يعبر عن ذلك بالمصفوفة:

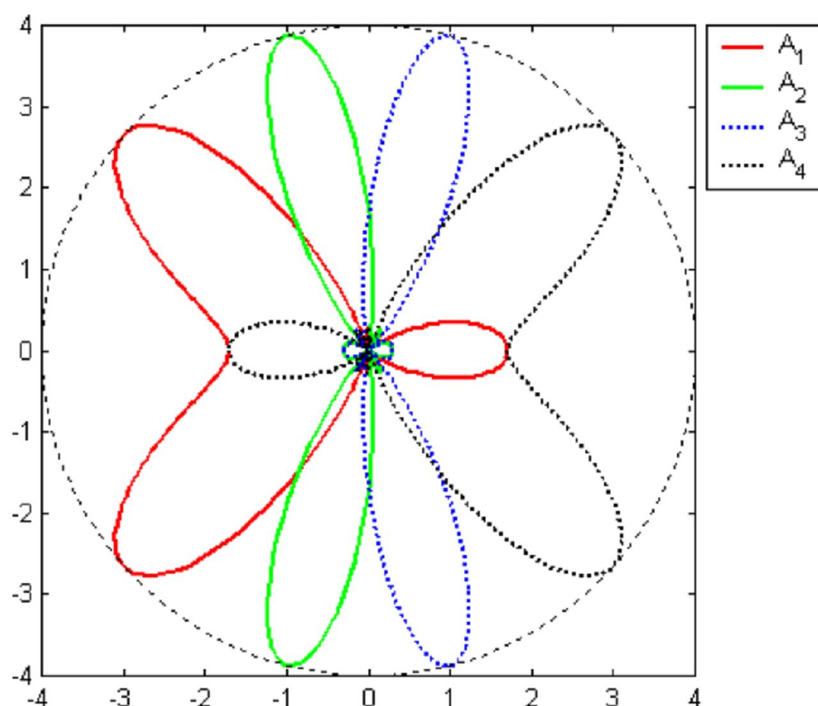
$$T = [W_1 .... W_2 .... W_M] \qquad (٧٧-٢)$$

إذا كانت مصفوفة التحويل T تحتوي على M دخل عنصر وm خرج عندئذ فان حل المصفوفة المتكيفة يمكن الحصول عليه من خلال شبكة الحزمة .

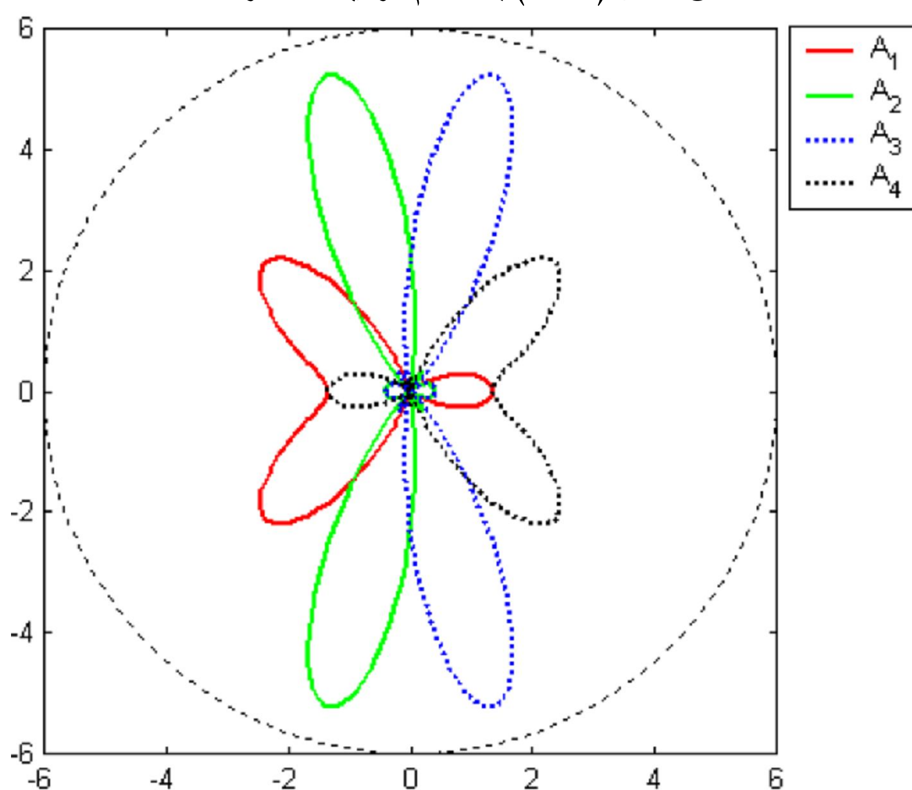
و يظهر الشكل (٢-١٩) مصفوفة حزمة بسيطة 4×4 و مصفوفة التحويل T المتناظرة تعطى بالشكل التالي :

$$\mathbf{T}^H = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} \frac{(1-j)}{\sqrt{2}} & -1 & \frac{(1+j)}{\sqrt{2}} & -j \\ 1 & \frac{(1-j)}{\sqrt{2}} & -j & \frac{(-1-j)}{\sqrt{2}} \\ \frac{(-1-j)}{\sqrt{2}} & -j & \frac{(1-j)}{\sqrt{2}} & 1 \\ -j & \frac{(1+j)}{\sqrt{2}} & -1 & \frac{(1-j)}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \qquad (٧٨-٢)$$

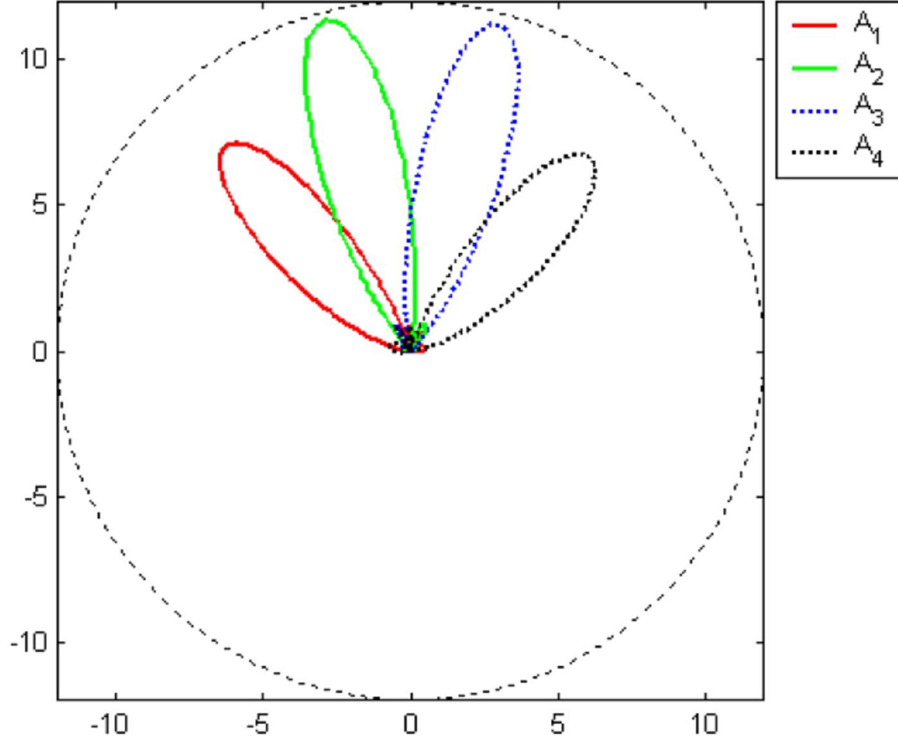
ويظهر الشكل (٢-٢٠) توضع النماذج الإشعاعية للطاقة لأربع حزم متعامدة و الناتجة عن شبكة الحزمة الرباعية و المعبر عنها بالشكل (٢-١٩) التي تستخدم هوائيات ذات عناصر متناظرة. إن هذه النماذج الأربعة لها نفس القيمة الأعظمية و لكنها تختلف بالاتجاهية و ذلك لأن الحزم الخارجية A1 وA4 لها عرض حزمة أوسع و مستويات أكبر للفصوص الجانبية من الحزم الداخليةA3 وA2 في حين أن اتجاهية الهوائي للحزم الخارجية أصغر من الاتجاهية للداخلية. و الشكلان (٢-٢١) و (٢-٢٢) يظهران الفرق بين النماذج الإشعاعية الناتجة عن العلاقة (٢-٧٨) والتي تستخدم عناصر متناظرة مع النماذج الإشعاعية للهوائيات التي تستخدم قطاع زاوي ١٢٠ درجة . ومن خلال هذه الأشكال نجد أن النماذج الإشعاعية الناتجة عن استخدام هوائيات بقطاع ١٢٠ درجة تكون أقرب بعضها لبعض بالمقارنة مع النماذج الإشعاعية الناتجة عن استخدام هوائيات بعناصر متناظرة**[١٨]**.



الشكل (٢-٢٠) توضع النماذج الإشعاعية لطاقة أربع حزم متعامدة المتولدة باستخدام شبكة تشكيل الحزم من الشكل (٢-١٩) باستخدام هوائيات متناظرة.



الشكل(٢-٢١) نماذج إشعاعية للطاقة بالنسبة للشكل (٢-١٩) بالمقارنة مع نموذج الهوائي المتناظر



الشكل(٢-٢٢) النماذج الإشعاعية للطاقة المتولدة بوساطة شبكة تشكيل الحزمة للشكل (٢-١٩) باستخدام قطاع ١٢٠ درجة لعناصر الهوائيات بالمقارنة مع نموذج الهوائي المتناظر

٢-٥-٢ العلاقة بين الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة و مصفوفة الهوائيات المتكيفة :

يبين الشكل (٢-٢٣) هوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة مربوطة مع معالج متكيف. في هذا النظام يعَبر عن الإشارة و شعاع الضجيج قبل و بعد مصفوفة التحويل T بالصيغة التالية:

$$S' = T^{H}.S \quad (٢-٧٩)$$

$$n' = T^{H} n \quad (٢-٨٠)$$

عندئذ فان إشارة الخرج و الضجيج يمثل بالشكل:

$$y_{s} = W'^{H}.S' = W'^{H}.T^{H}.S \quad (٢-٨١)$$

$$y_{n} = W'^{H}\ n' = W'^{H}.T^{H}.n \quad (٢-٨٢)$$

إذا كانت الأنظمة المتكيفة من دون هوائيات ذات حزم ضيقة ثابتة والتي لها وزن W' الذي يولد إشارة الخرج y_S والتي تعطى بالعلاقة :

$$y_{S} = W^{H}.s \quad (٢-٨٣)$$

عندئذ فإن الوزن المماثل W' والذي يولد نفس إشارة الخرج يمكن الحصول عليه من خلال المعادلة :

$$W^H = W'^H T^H (or W = TW') \qquad (٢-٨٤)$$

ويعبر عنه :

$$W' = (T)^{-1}.W \qquad (٢-٨٥)$$

وان قيم طاقة الضجيج في الخرج و الناتجة عن W وW´ والمرتبطة بالعلاقة (٢-٨٤) ستكون مختلفة وبالتالي نستطيع الحصول على قيم مختلفة لنسبة الإشارة إلى الضجيج في الخرج. يمكن التعبير عن طاقة الضجيج الخارجة من الأنظمة المتكيفة من دون هوائيات ذات حزم ضيقة ثابتة بالشكل التالي:

$$E(|W^H.n|^2) = E(W^H.n.n^H W) \qquad (٢-٨٦)$$

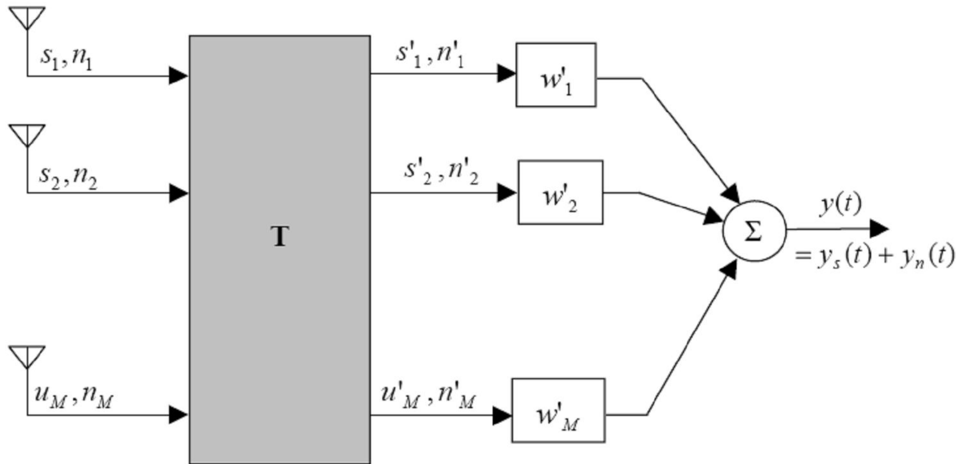
$$= W^H R_n.W = W'^H.T^H R_n T.W' \qquad (٢-٨٧)$$

في حين يمكن التعبير عن طاقة الضجيج الخارجة من الأنظمة المتكيفة مع هوائيات ذات حزم ضيقة ثابتة بالعلاقة التالية:

$$E(|W'^H.n'|^2) = E(W'^H n' n'^H W') = W'^H R'_n.W' \qquad (٢-٨٨)$$

بشرط أن :

$$R'_n = T^H R_n T \qquad (٢-٨٩)$$



الشكل(٢-٢٣) المخطط الصندوقي لهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة متبوعة بمعالجات متكيفة

عندما يتوفر الشرط السابق في نظامين فسوف يكون لهما نفس تأثير نسبة الإشارة إلى الضجيج، إذا استخدمت عناصر متطابقة في نظام متكيف فإن مصفوفة الارتباط للضجيج يعبر عنها بالشكل:

$$R_n = \sigma_n^2 .I \qquad (٢-٩٠)$$

عندئذ فان الشرط المعطى بالعلاقة (٢-٨٩) يختصر إلى :

$$R_n^{'} = \sigma_n^2 .T^H T \qquad (٢-٩١)$$

إذا كانت $T^H T = I$ عندئذ فان $R_n^{'} = \sigma_n^2 I$ ومصفوفة الارتباط للضجيج ستكون نفسها في النظامين والتي ستعطي نفس طاقة الضجيج في الخرج من أجل الأوزان المرتبطة بالعلاقة (٢-٨٤) و مصفوفة التحويل المعطاة (٢-٧٨) تخضع لنفس هذه الشروط. وهذا يعني أن الهوائيات المصفوفية والهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المستخدمة في الأنظمة تكون متبوعة بنظام الربط بالنسبة العظمى و تعطي نفس إشارات الخرج و نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR.

يمكن أن نبرهن على المساواة لنسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل في الأنظمة المتكيفة و الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتبوعة بالمعالجات المتكيفة من خلال العلاقات التالية:

$$\begin{aligned} SINR &= S'^H .R_i^{-1} \\ &= \left(T^H S\right)^H \left(T^H R_i T\right)^{-1} \left(T^H S\right) \\ &= S^H T \left(T^H R_i T\right)^{-1} T_S^H \\ &= S^H \left(T^H R_i\right)^{-1} T_S^H \\ &= S^H R_i S \end{aligned} \qquad (٢-٩٢)$$

حيث أن : $R_i^{'}$ و R_i هي مصفوفات الارتباط للضجيج والتداخل للنظامين.

الخلاصة و النتيجة:

إن هوائيات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة بمعالجات متكيفة و الأنظمة المتكيفة تكون متكافئة عند استخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى أي لدينا معالجة متكيفة و ذلك إذا كانت T تحتوي على جميع العناصر و الشرط $T^H .T = I$ محقق. و هكذا فان نتيجة القياس التي حصلنا عليها من مخطط الهوائيات في نظام تنوع الزاوية يمكن أن يفسر كنتيجة لمصفوفة مكونة من ٤ × ٤ عناصر من دون شبكة الحزمة في تعبير الربط بالنسبة العظمى و أي معالجة متكيفة.

الفصل الثالث

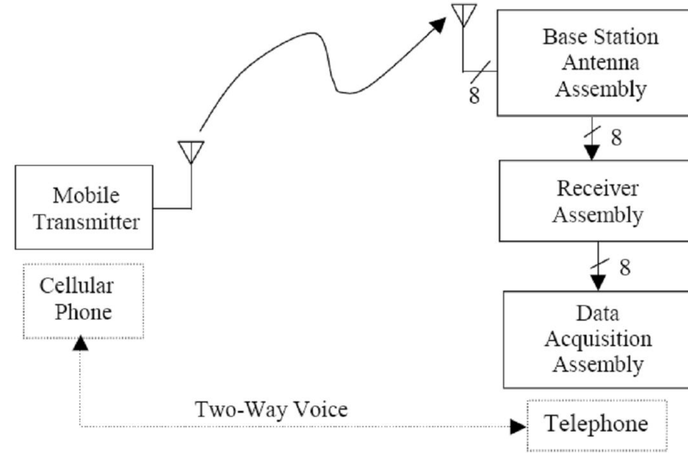
اختبار الهوائي الذكي لمحطة القاعدة

٣-١ نظام محطة القاعدة Base Station System

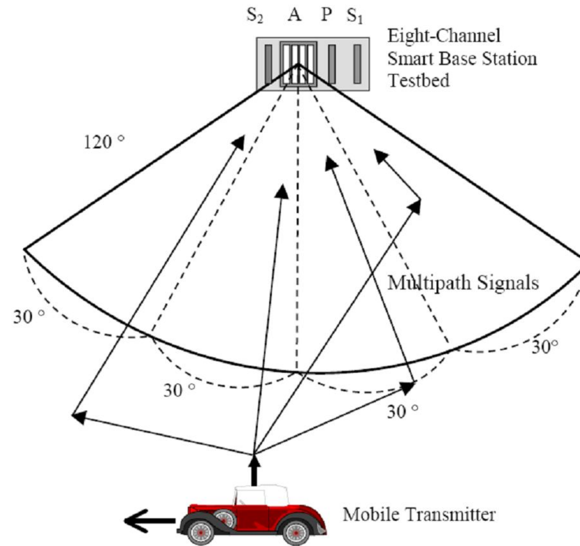
٣-١-١ كيفية اختبار هوائي محطة القاعدة الذكي :

يبين الشكل (٣-١) الأجهزة المكونة لمحطة القاعدة الذكية و المكونة من:وحدة الإرسال للمشترك مجمع الهوائيات، المستقبلات المركبة و المعطيات المركبة.

وحدة المرسل للمشترك مزودة بهاتف خليوي يستخدم طريقين للاتصال الصوتي كما هو الحال في محطة القاعدة. و يبين الشكل (٣-٢) مبدأ القياس المباشر في الفراغ و أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب و الزاوية في بيئات ذات مسارات متعددة . **[٣]**



الشكل (٣-١) مخطط يظهر بنية محطة القاعدة الذكية



الشكل(٣-٢) مقارنة ثمانية أقنية في محطة القاعدة الذكية لأنظمة تنوع الفراغ و الزاوية و الاستقطاب في بيئات متعددة المسارات

٣-١-٢ هوائي محطة القاعدة المركب :

يتألف هوائي محطة القاعدة المركب من هوائي واحد ذي حزمة ٤×٣٠° ، هوائيين لقطاع دائري و هوائي ثنائي القطبية ذو ميل ±٤٥° .

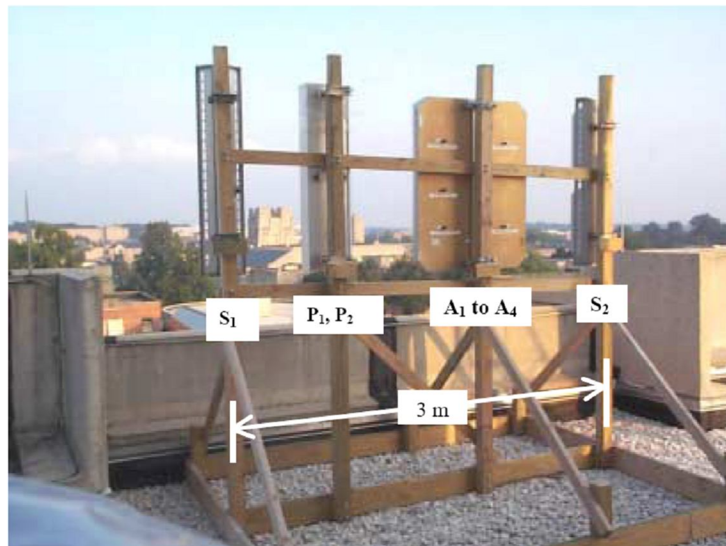
الهوائي ذو الحزم ٤×٣٠° يغطي ١٢٠ درجة و هوائيات القطاعات الدائرية تغطي٩٥ درجة و الهوائي ثنائي القطبية يغطي٩٠ درجة و جميعها لديها عرض حزمة شاقولي حوالي ١٥ درجة. الأنظمة الثانوية للهوائيات الثلاثة لها ثمانية مخارج موصولة إلى نظام استقبال بتسع أقنية و المبينة بالجدول (٣-١) حيث أن القناة S1 تستخدم كقناة مرجعية في أثناء القياس و عملية المعايرة.

و يظهر الشكل (٣-٣) تركيب الهوائي ذو قطاع ٩٠ درجة (S1) ثنائي القطبية (P) هوائي الحزمة الضيقة ٤×٣٠° و هوائيات القطاع ٩٠ درجة على بناء مرتفع مكون من ستة طوابق. أي إن ارتفاع الهوائيات عن الأرض يبلغ حوالي (٣٠متراً) . يعد الترتيب للحزم الضيقة من الجهة اليسرى (A1) إلى الجهة اليمنى (A4). استقطاب P1 يكون مائل بمقدار ٤٥° إلى اليمين و استقطاب P2 مائل بمقدار ٤٥° إلى اليسار و الفاصل بين الهوائيات ذات القطاع ٩٥° حوالي (٣متر).

Channel Number	1	2	3	4	5	6	7	8
Symbol	S_1	P_1	P_2	A_1	A_2	A_3	A_4	S_2

Note: S = space diversity antenna, P = Polarization diversity antenna, A = Angle diversity antenna

الجدول (٣-١)



الشكل (٣-٣) تجميع هوائي محطة القاعدة الذكية

٣-١-٣ المستقبلات المركبة

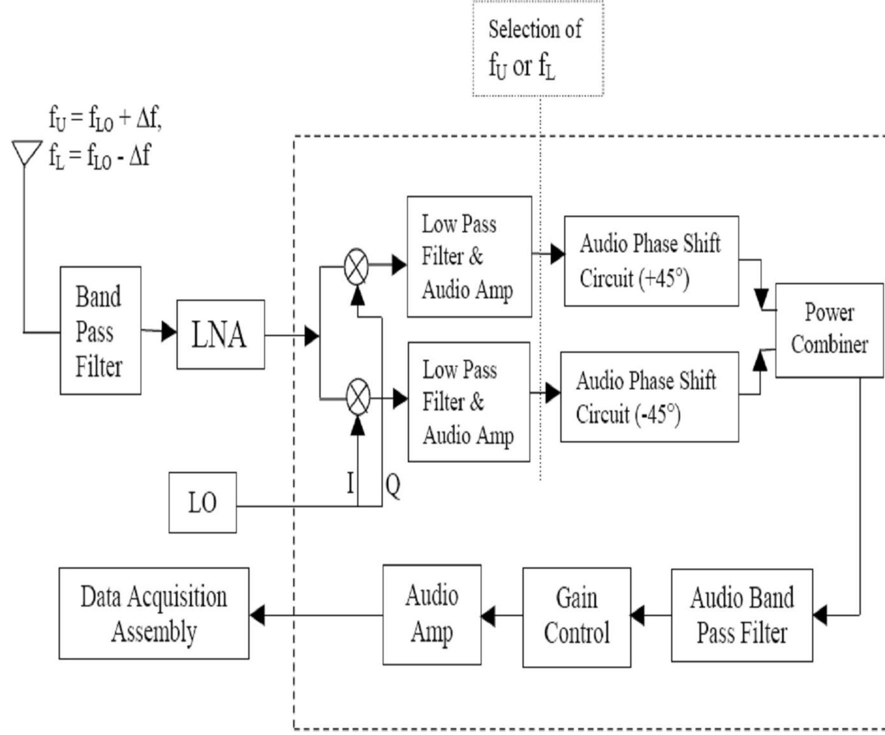
المستقبلات الأكثر شيوعاً هي مستقبلات السوبرهيترودين(Super heterodyne) و مستقبلات التبديل المباشر. بمقارنة مستقبل السوبرهيترودين مع مستقبل التبديل المباشر نجد أن المستقبل ذا التبديل المباشر لديه مجال ديناميكي أفضل و عملية الترشيح تتم في الحزمة الأساسية.

يظهر الشكل (٣-٤) مستقبل محطة القاعدة و المعطيات المكتسبة المركبة موصولة إلى الهوائيات المركبة، والشكل (٣-٥) يظهر المخطط الصندوقي لمستقبل التبديل المباشر من أجل قناة وحيدة والذي يستطيع التخلص من الضجيج وإشارات الحزم الجانبية للهزاز المحلي.

كلا" من المستقبلات الثمانية تستقبل الإشارة بشكل مستقل عن الآخر، تستخدم روابط الطاقة وروابط خرج الصوت لرفض إشارات التردد الراديوي. مقدار الضجيج لهذا المستقبل حوالي ٢٠ ديسيبل من دون استخدام مضخم الضجيج المنخفض (LNA). وباستخدام مضخم الضجيج المنخفض عند ربح مقداره ٣١ ديسيبل و ضجيج مقداره ٠.٩ ديسيبل فسيكون مقدار الضجيج لهذا المستقبل أقرب إلى الضجيج في مضخم الضجيج المنخفض. وتخفيض المجال الديناميكي يعود إلى زيادة في مستوى الطاقة و ذلك بواسطة مضخم الضجيج المنخفض. مستوى طاقة دخل الضجيج حوالي (135dBm-) مع مضخم الضجيج المنخفض و هذا ينقص لحوالي (145 dBm-) بعملية ترشيح رقمية لحزمة التمرير في مركز العملية.



الشكل (٣-٤) مستقبل محطة القاعدة و المعطيات المكتسبة المركبة



الشكل(٣-٥) مخطط صندوقي لمستقبل إحدى الأقنية الثمانية

٣-٢ الربح الفعال المتوسط لهوائيات محطة القاعدة

Mean Effective Gain Of Base Station Antenna (MEG)

نستخدم تعبير الربح الفعال المتوسط (MEG) للهوائي وذلك لمعرفة النقص في الربح الفعال المتوسط لبيئات الانتشار في مسارات متعددة بالنسبة إلى ربحها في الفراغ الحر.

عندما يتحرك المشترك في بيئة متعددة المسارات بشكل عشوائي، فالربح الفعال المتوسط للهوائي المستقبل في محطة القاعدة التي تغطي هذا المشترك Ge يتم الحصول عليه من المعادلة التالية :

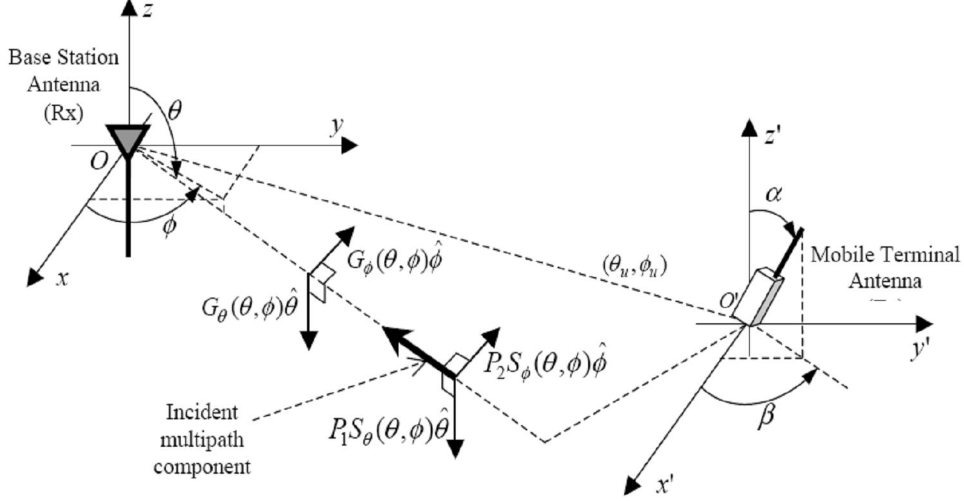
$$G_e = \frac{p_{rec}}{p_1 + p_2} \qquad (٣-١)$$

حيث أن : p_{rec} هي الطاقة المستقبلة بوساطة هوائي محطة القاعدة ، p_1 هي الطاقة الرئيسية والتي يجب أن تستقبل بهوائي متناظر عبر زاوية قطبية θ و p_2 هي الطاقة الرئيسة والتي تستقبل عبر الزاوية ϕ للهوائي المتناظر. ومجمل الطاقة الواصلة إلى هوائي الاستقبال هي $(p_2 + p_1)$. والطاقة المستقبلة الرئيسة التي تصل إلى هوائي محطة القاعدة هي :

$$p_{rec} = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \{P_1.G_\theta(\theta,\phi).S_\theta(\theta,\phi) + P_2.G_\phi(\theta,\phi).S_\phi(\theta,\phi)\}.\sin\theta.d\theta.d\phi \qquad (٣-٢)$$

حيث أن : $G_\theta(\theta,\phi)$ و$G_\phi(\theta,\phi)$ هي مكونات ربح الطاقة لهوائي الاستقبال.

$S_\phi(\theta,\phi)$ و$S_\theta(\theta,\phi)$ مكونات الطاقة للأمواج المستوية المستقبلة و المبينة بالشكل (٣-٨).



الشكل (٣-٦) نظام كروي متجانس لقياس متوسط الطاقة المستقبلة عند هوائي محطة القاعدة.

تفترض زوايا التوجيه لهوائي المشترك في المستويات X,Y,Z بشكل عشوائي وذلك بسبب التوجيهات العشوائية لهوائي جهاز المشترك .

ويعبر عن $S_\phi(\theta,\phi)$ و$S_\theta(\theta,\phi)$ بالشرط التالي :

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} S_\theta(\theta,\phi)\sin\theta.d\theta.d\phi = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} S_\phi(\theta,\phi).\sin\phi.d\theta.d\phi = 1 \qquad (٣-٣)$$

وهذا الشرط نفسه لتابع الكثافة الاحتمالي .

وكذلك فإن $G_\theta(\theta,\phi)$ و $G_\phi(\theta,\phi)$ يعبر عنها بالشرط :

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \{D_\theta(\theta,\phi) + D_\phi(\theta,\phi)\}\sin\theta.d\theta.d\phi = 4\pi \qquad (٣-٤)$$

حيث أن : $D_\phi(\theta,\phi)$.و$D_\theta(\theta,\phi)$ هي عناصر التوجيهية للهوائي و مرتبطة بالأرباح عن طريق فعالية الإشعاع :

$$G_\theta(\theta,\phi) = e_\theta.D_\theta(\theta,\phi) \quad و \quad G_\phi(\theta,\phi) = e_\phi D_\phi(\theta,\phi)$$

إن $G_{\phi}(\theta,\phi)$ و $G_{\theta}(\theta,\phi)$ تتضمن الخسائر المتعلقة بالهوائي. وإن عملية تضمين الخسارة للهوائي المشترك صعبة للغاية وذلك لأن جسم المشترك و الأجسام القريبة يمكن أن تمتص كمية لا بأس بها من الطاقة. إن $\frac{P_1}{P_2}$ تعبر عن نسبة طاقة الاستقطاب الهجين (XPR) .

$$XPR = \frac{P_1}{P_2} \qquad (٣-٥)$$

حيث أن هذه النسبة ستتغير في نفس البيئة معتمدة على الاستقطاب و متضمنة زوايا الإرسال لهوائي الجهاز النقال، و بالتالي فان الربح الفعال المتوسط يمكن إعادة صياغته بالشكل التالي:

$$G_e = \frac{1}{P_1 + P_2} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \{P_1.G_\theta(\theta,\phi).S_\theta(\theta,\phi) + P_2 G_\phi(\theta,\phi).S_\phi(\theta,\phi)\} \sin\theta.d\theta.d\phi \qquad (٣-٦)$$

عندما يستقبل هوائي محطة القاعدة الإشارات فإن $G_{\theta}(\theta,\phi)$ و $G_{\phi}(\theta,\phi)$ تثبت خلال زمن محدد و تتحدد بنوع هوائي محطة القاعدة . وإن كلاً من $S_{\theta}(\theta,\phi)$ و $S\phi(\theta,\phi)$ و XPR تعتمد على اتجاه المشترك (θ_u,ϕ_u) ونموذج الإشعاع و زاوية الميل α لهوائي إرسال الجهاز المتنقل.

تتوضع هوائيات محطة القاعدة عادة في أمكنة مرتفعة و تحيط بها الأبنية، و تقتصر الأمواج العرضية على المجال الشاقولي الضيق بحيث $\left(\theta = \frac{\pi}{2}\right)$. في هذه الحالة يمكن الاعتماد على ϕ فقط لتمثل كلا" من $S_{\theta}(\theta,\phi)$ و $S_{\phi}(\theta,\phi)$ كما هو مبين بالعلاقة :

$$G_e \approx \frac{G_v}{P_1 + P_2} . \int_0^{2\pi} \{P_1.G_\theta(\phi).S_\theta(\phi) + P_2.G_\phi(\phi).S_\phi(\phi)\}.d\phi \qquad (٣-٧)$$

حيث أن G_V هو ربح النموذج الشاقولي لهوائي محطة القاعدة، و يعبر عن الربح الفعال المتوسط لأنظمة التنوع الثلاثة المطبقة على هوائيات محطة القاعدة بشكل مختصر عن العلاقات السابقة بالشكل التالي :

$$G_{e,s} = \frac{G_V.P_1}{P_1 + P_2} \int_0^{2\pi} \{G_S(\phi).S_\theta(\phi)\}.d\phi \qquad (٣-٨)$$

$$G_{e,A} = \frac{G_V.P_1}{P_1 + P_2} . \int_0^{2\pi} \{G_A(\phi).S\theta(\phi)\}.d\phi \qquad (٣-٩)$$

$$G_{e,p} = \frac{1}{2} . \frac{G_V}{P_1 + P_2} \int_0^{2\pi} G_P(\phi).\{P_1.S_\theta(\phi) + P_2.S_\phi(\phi)\}.d\phi \qquad (٣-١٠)$$

حيث أن الرموز S و A و P تدل على أنظمة تنوع الفراغ و الزاوية و الاستقطاب على التوالي.

يمكن تقريب $G_P(\phi)$ إلى $G_S(\phi)$ و ذلك لأن عرض حزم زوايا السمت للهوائيات في أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب هي نفسها تقريباً، و إذا فرضنا أن $S_\theta(\phi) \approx S_\phi(\phi)$ فإنه يمكن تقريب العلاقة (٣-١٠) لتصبح بالشكل التالي :

$$G_{e,p} \approx \frac{G_V}{2} \cdot \int_0^{2\pi} G_S(\phi).S_\theta(\phi).d\phi \qquad (٣-١١)$$

وبشكل متكرر فإن الربح النسبي يستخدم لتحديد أداء هوائي بالنسبة إلى هوائي قياسي مرجعي، كالهوائي المستخدم في نظام تنوع الفراغ (S1)، وذلك لأنه يملك نفس النموذج في نظام تنوع الاستقطاب و له نفس الاستقطاب كهوائي تنوع الزاوية بينما الهوائيات الأخرى لها نماذج مختلفة و قطبية متنوعة.

الربح الفعال المتوسط لهوائيات أنظمة تنوع الاستقطاب و الزاوية مرتبطة نسبياً مع الهوائي في نظام تنوع الفراغ بالشكل التالي :

$$\frac{G_{e,P}}{G_{eS}} \approx \frac{P_1 + P_2}{2P_1} = \frac{1 + XPR}{2.XPR} \qquad (٣-١٢)$$

$$\frac{G_{e,A}}{G_{e,s}} = \frac{\int_0^{2\pi} G_A(\phi).S_\theta(\phi).d\phi}{\int_0^{2\pi} G_S(\phi).S_\theta(\phi).d\phi} \qquad (٣-١٣)$$

نلاحظ أن النسبة $\frac{G_{e,P}}{G_{e,s}}$ تعتمد فقط XPR في حين أن النسبة $\frac{G_{e,A}}{G_{e,s}}$ في العلاقة (٣-١٣) مستقلة عن XPR وتتحدد بتابع الكثافة الاحتمالي لطاقة الأمواج المستقبلة عبر سمت محدد $S_\theta(\phi)$.

الفصل الرابع
معالجة المعطيات
Processing of Data

٤-١ تقييم الخفوت طويل الأمد للإشارة

إن التخميد اللحظي لغلاف الإشارة المستقبلة عند هوائي محطة القاعدة $r(t)$، يقسم إلى عاملين : $m(t)$ و التي تمثل الخفوت طويل الأمد للإشارة، $f(t)$ يمثل الخفوت قصير الأمد للإشارة و يعطى التخميد اللحظي بالعلاقة :

$$r(t) = m(t).f(t) \qquad (٤-١)$$

X تمثل موقع المشترك و التي تتعلق مع الزمن t لأجل سرعة ثابتة V للمرسل.

$$X = V.t \qquad (٤-٢)$$

X تتراوح من [L-0]

و بالتالي فان تقييم الخفوت طويل الأمد $\hat{m}(x)$ في الموقع X يعطى بالعلاقة :

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{w}\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r(y).dy \quad \text{for} \quad x = [\frac{w}{2}, L-\frac{w}{2}] \qquad (٤-٣)$$

W تأخذ القيم من λ ٢٠ إلى λ ٤٠ حيث أنه عندما تعالج المعطيات بوضع w = 40λ والتي تقابل ١٤.٢٥ متر، فسيكون التردد ٨٤٢ ميغاهرتز.غلاف إشارة التداخل المقاس S1 يعبر عنه بالعلاقة :

$$r_{S1}(x) = m_{S1}(x).f_{S1}(x) \qquad (٤-٤)$$

و تقييم الخفوت الطويل الأمد يمكن أن نحصل عليه من العلاقة :

$$\hat{m}_{S1}(x) = \frac{1}{w}\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{S1}(y).dy \quad \text{for} \quad x = \left[\frac{w}{2}, L-\frac{w}{2}\right] \qquad (٤-٥)$$

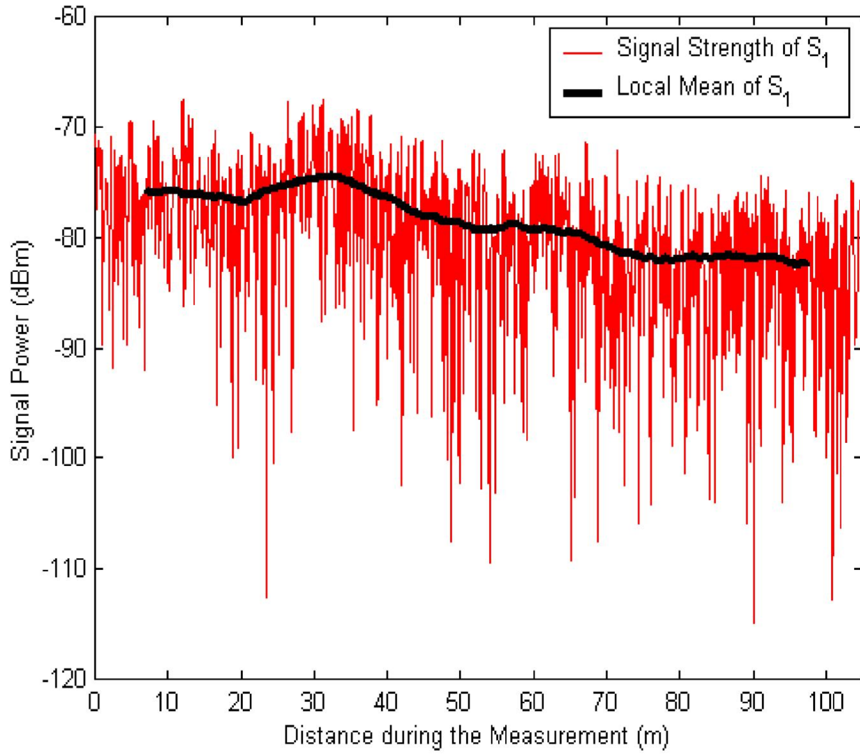
حيث أن الطول المقاس L يتراوح من ٦٠ إلى ١٢٠ متر في الأرياف، ومن ٣٥ إلى ٥٠ متراً في المدن.

يظهر الشكل (٤-١) غلاف الإشارة المقاسة للهوائي المرجعي S1 و تقدير الخفوت الطويل الأمد لهذه الإشارة. نلاحظ من هذا الشكل فروقات الخفوت طويل الأمد بين نقاط مختلفة، والتي تكون فيها قيمة الخفوت حوالي 8dB، لذلك يجب حذف تأثير الخفوت طويل الأمد و

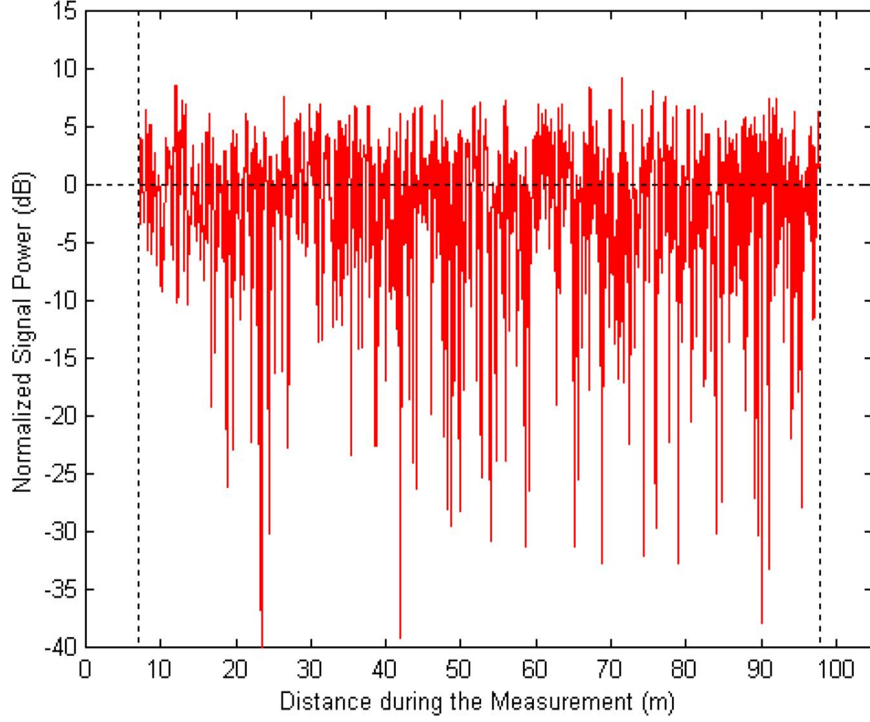
ذلك لإلغاء الانحرافات في حسابات التنوع. حيث أن تقييم الخفوت طويل الأمد يلعب دور المفتاح لإنجاز المقارنات بين أنظمة التنوع. و الهدف من حذف الخفوت طويل الأمد هو الحصول على مركب الخفوت القصير الأمد لأجل الهوائي المرجعي S1 من غلاف الإشارة المستقبلة $\hat{f}_{S1}(x)$ و يمثل ذلك رياضيا بالعلاقة :

$$\hat{f}_{S1}(x) = \frac{r_{S1}(x)}{\hat{m}_{S1}(x)} \quad \text{for} \quad x = \left[\frac{w}{2}, L - \frac{w}{2}\right] \tag{٦-٤}$$

و يظهر هذا الخفوت من العلاقة السابقة في الشكل (٤-٢) ، حيث القيمة المتوسطة لـ $\hat{f}_{S1}(x)$ هي (١) و التي تقابل $(0dB)$. وبالتالي من خلال تقدير $\hat{m}(x)$ و $\hat{f}(x)$ نستطيع ببساطة تمثل كلا" من $m(x)$ و $f(x)$.



الشكل (٤-١) قوة الاشارة المقاسة لأجل S_1 ، $r_{S1}(x)$ و تقيم الخفوت طويل الأمد $\hat{m}_{S_1}(x)$



الشكل (٤-٢) الخفوت قصير الأمد $\hat{f}_{S_1}(x)$ **الذي حصل عليه بازالة** $\hat{m}_{S_1}(x)$ **من** $r_{S1}(x)$

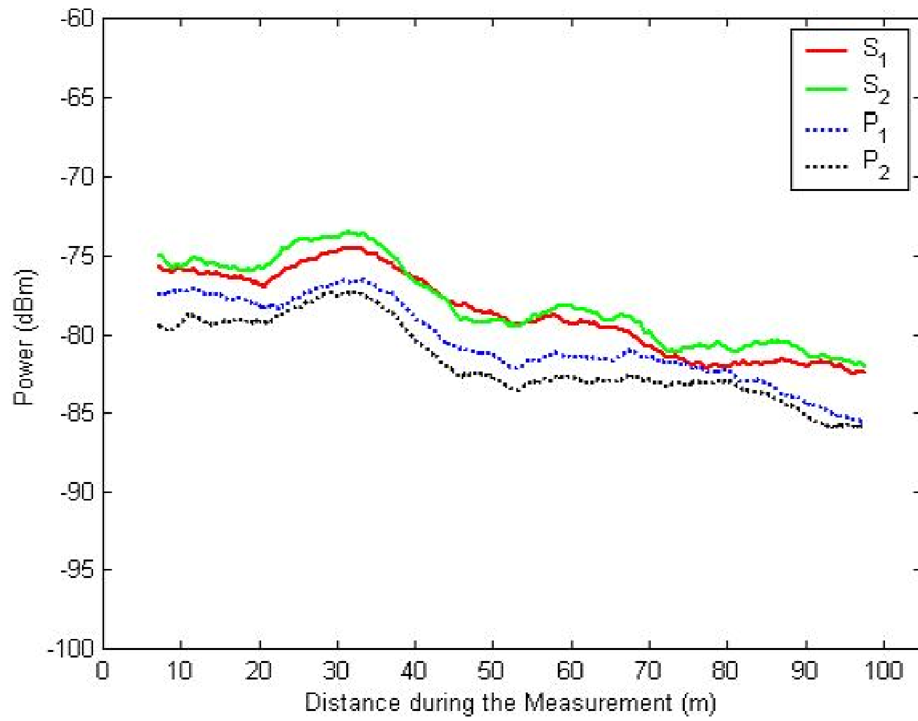
٤-٢ المقارنة بين أنظمة التنوع من حيث الخفوت طويل الأمد

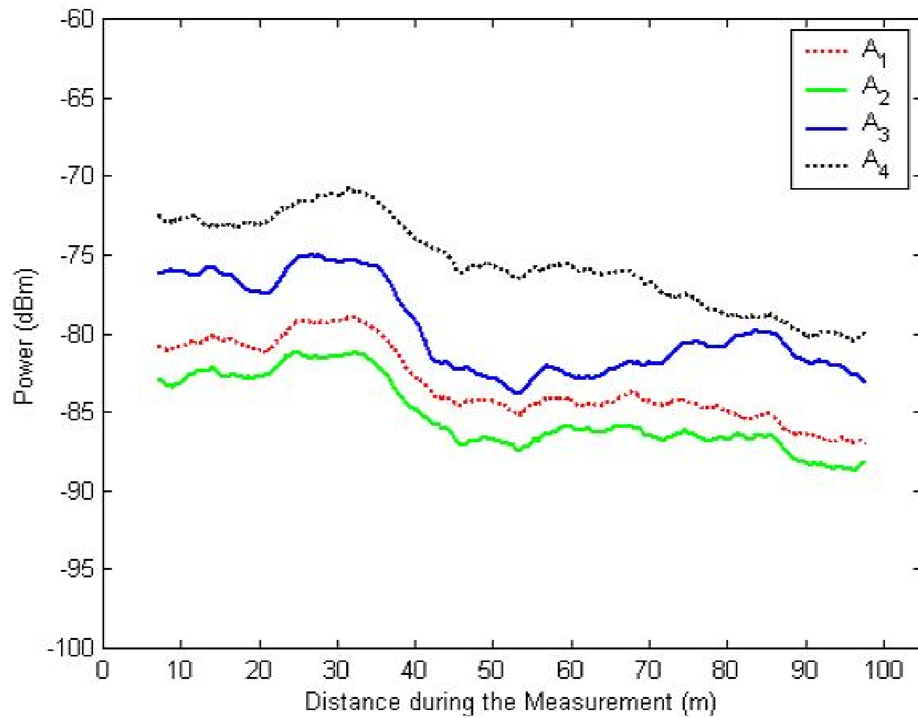
يبين الشكل (٤-٤) الخفوت طويل الأمد لثماني أقنية في أنظمة التنوع. يعطي الخفوت طويل الأمد لهوائيات تنوع الفراغ و تنوع الاستقطاب اختلافاً ضئيلاً في مستويات الطاقة بين الأقنية ويكون حوالي (١ ديسيبل)، في حين أن الخفوت طويل الأمد لهوائيات تنوع الزاوية يظهر اختلافاً كبيراً في مستوى الطاقة حيث أنه يصل إلى (١٠ ديسيبل) بين الأقنية.

نختار الهوائي S1 هوائي مرجعي من أجل نظام تنوع الفراغ و P1 من أجل نظام تنوع الاستقطاب لتمثيل العمل في حال عدم وجود تنوع. في نظام تنوع الزاوية يتم اختيار الخفوت طويل الأمد للقناة بمعدل عالي للطاقة.

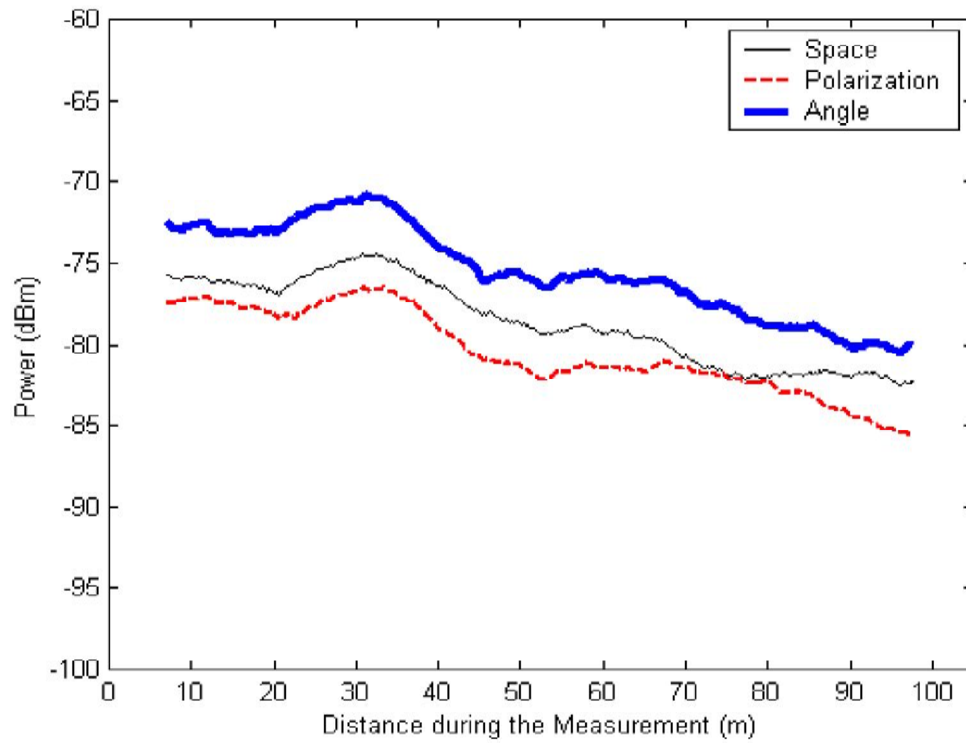
نعرف الخفوت طويل الأمد المرجعي بأنه الإشارة المستخدمة لإزالة مكونات الخفوت طويل الأمد من أغلفة الإشارة المقاسة في أثناء حساب ربح التنوع.

والشكل(٤-٤) يبين الخفوت طويل الأمد المرجعي لأنظمة التنوع الثلاثة من أجل اتجاهين لهوائي جهاز المشترك، حيث أن الخفوت طويل الأمد المرجعي لهوائيات أنظمة التنوع الثلاثة عالي و يعتمد على توجيه هوائي الجهاز المتنقل

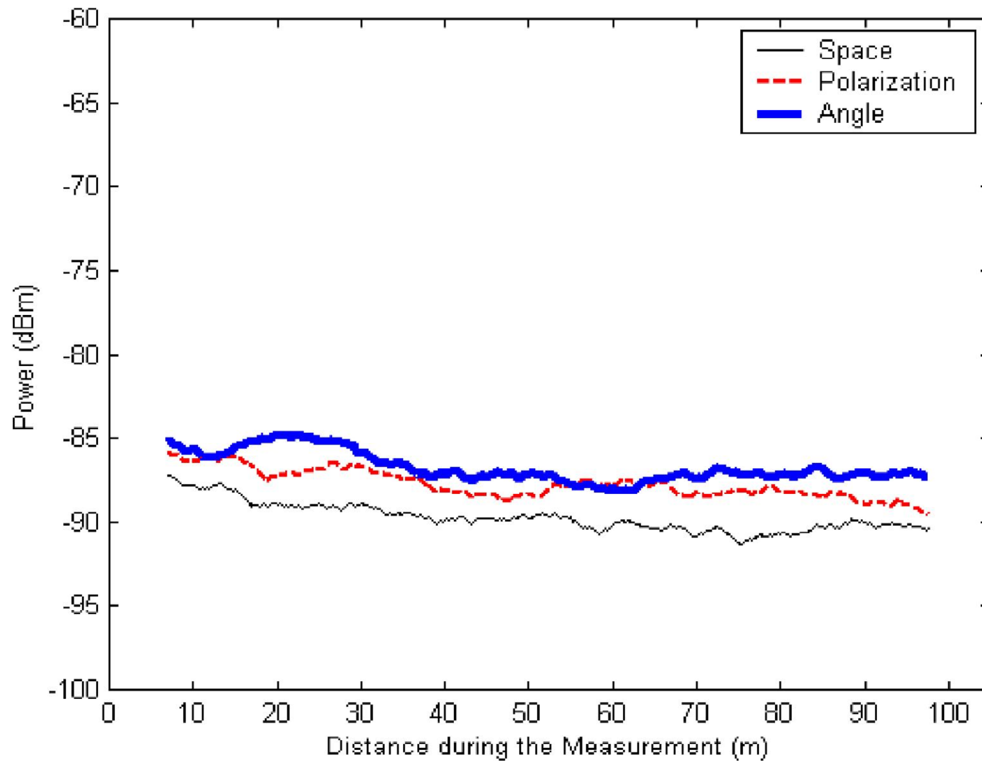




الشكل (٤-٣) الخفوت طويل الأمد لثماني أقنية مقاساً تحت ظروف متطابقة



جهاز المشترك ذو اتجاه شاقولي



جهاز المشترك ذو اتجاه أفقي

الشكل (٤-٤) الخفوت طويل الأمد المرجعي لأنظمة التنوع الثلاثة من أجل اتجاهين لهوائي المشترك

٤-٣ ربح التنوع و ربح التنوع النسبي و الربح الفعال المتوسط

Diversity Gain - Relative Diversity Gain and Mean Effective Gain

قبل الحصول على النتائج النهائية لأنظمة التنوع لابد من التخلص من مركبات الخفوت طويل الأمد من أغلفة الإشارة المستقبلة وذلك لأن هذه المركبات تعطي اختلافاً بالقيمة، بحيث تزيد التخميد لأكثر من (١٠ ديسيبل) في حال إجراء القياسات على أنظمة التنوع بوجود هذه المركبات ويمكن الحصول على مركبات الخفوت قصير الأمد بعد إزالة الخفوت طويل الأمد من أغلفة الإشارة المستقبلة بالحساب من خلال العلاقات :

$$f_{S1}(x)=\frac{r_{s_1}(x)}{m_{s_1}(x)}$$ تنوع الفراغ (٤-٧)

$$f_{P1}(x)=\frac{r_{p_1}(x)}{m_{p_1}(x)}$$ تنوع الاستقطاب (٤-٨)

$$f_{A_{MAX}}(x)=\frac{r_{A_{MAX}}(x)}{m_{A_{MAX}}(x)} \quad \text{for} \quad x=\left[\frac{w}{2},L-\frac{W}{2}\right]$$ تنوع الزاوية (٤-٩)

حيث أن :

f تمثل الخفوت قصير الأمد

X تمثل موقع المشترك بالنسبة لمحطة القاعدة [L-0]

r تعبر عن الخفوت اللحظي لغلاف الإشارة المستقبلة عند هوائي محطة القاعدة

m تمثل الخفوت طويل الأمد

A_{MAX} هي القناة التي تملك أعلى معدل للطاقة في نظام تنوع الزاوية

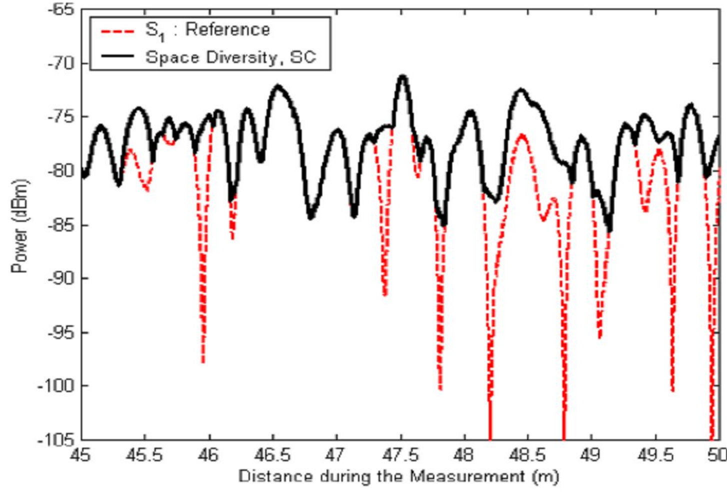
في حال تطبيق تقنية الربط بالاختيار فإن العلاقات السابقة تصبح بالشكل التالي:

$$f_{s,s_c}(x)=\frac{r_{s,s_c}(x)}{m_{s_1}(x)}$$ تنوع الفراغ (٤-١٠)

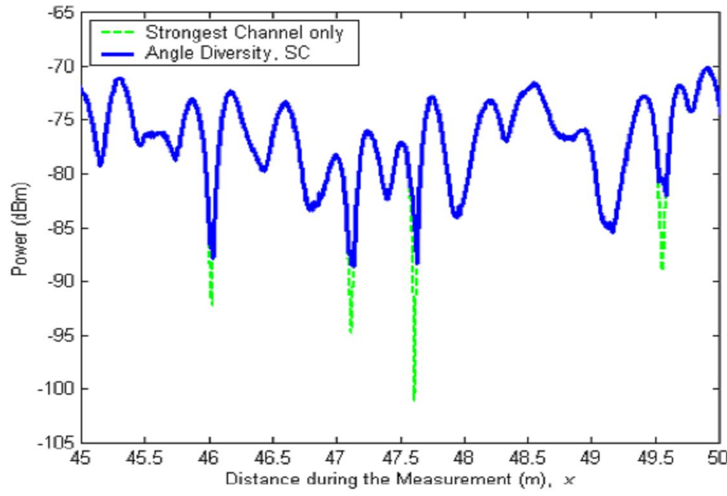
$$f_{p,s_c}(x)=\frac{r_{p,s_c}(x)}{m_{s_1}(x)}$$ تنوع الاستقطاب (٤-١١)

$$f_{A,s_c}(x)=\frac{r_{A,s_c}(x)}{m_{A_{MAX}}(x)} \quad \text{for} \quad x=[\frac{w}{2},L-\frac{w}{2}]$$ تنوع الزاوي (٤-١٢)

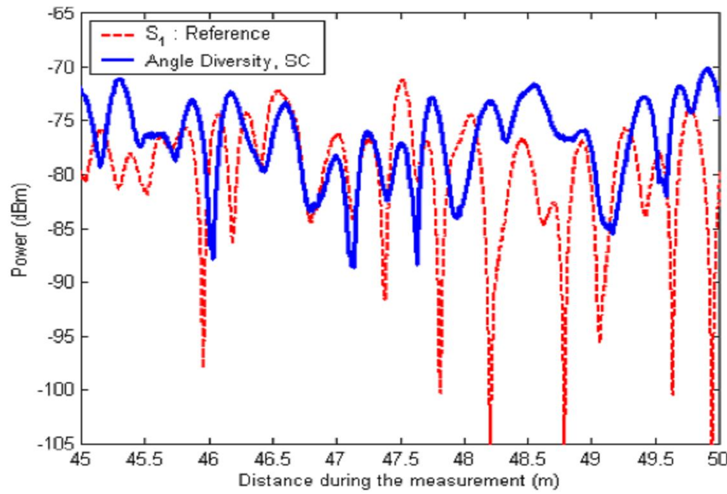
يمكن الحصول على ربح التنوع G_{div} من تابع التوزيع التراكميCDF Cumulative Distribution Functions للخفوت القصير الأمد. و إن ربح التنوع هو عملية قياس أداء الإشارة المركبة المستخدمة في الأقنية المتعددة و مقارنتها مع إشارة وحيدة لقناة وحيدة. تبين الأشكال (٤-٥) و (٤-٦) ربح التنوع عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي، وبالتالي فان ربح التنوع هو قياس مستوى الإشارة الفعالة المعدلة بوجود التنوع إلى مستوى الإشارة في حال عدم وجود تنوع عند بداية ظهور الحدث في توابع التوزيع التراكمي.
يمكن الحصول على ربح التنوع لنظام تنوع الفراغ $G_{div,s}$ من تابع التوزيع التراكمي لكل من $f_{S1}(x)$ و $f_{s,s_c}(x)$ كما في الشكل(٤-6a). حيث أن إشارات الهوائي S1 تساوي أو تزيد عن (١٩.٢- ديسيبل) لمستوى الإشارة المتوسط عند ٩٩% من الزمن. و إشارة ربط التنوع بالاختيار تساوي أو تزيد عن (٧.٩- ديسيبل) لأجل ٩٩% من الزمن. و بالتالي فان ربح التنوع في هذه الحالة هو $11.3 = (-19.2) - 7.9 -$ ديسيبل عند مستوى موثوقية ٩٩% أو عند ١% من تابع التوزيع التراكمي.
يمكن الحصول على ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية $G_{div,A}$ من تابع التوزيع التراكمي لكل من $f_{A_{MAX}}(x)$ و $f_{A,S_c}(x)$ كما هو مبين بالشكل (٤-6b)و بالتالي ربح التنوع في هذه الحالة $7.3 = (-17.6) - 10.3 -$ ديسيبل عند مستوى ١% لتابع التوزيع التراكمي. بنفس الطريقة نستطيع الحصول على ربح التنوع في حالة تنوع الاستقطاب.
ولكي نختار أفضل نظام تنوع من بين هذه الأنظمة الثلاث لابد لهذا النظام أن يحقق ربح تنوع و ربحاً فعالاً متوسطاً عاليين. إذا حقق نظام تنوع معين ربح تنوع عالي و من دون أن يحقق قيمة جيدة للربح الفعال المتوسط فإنه يكون أقل كفاءة من النظام الذي يحقق ربحاً متوسطاً للتنوع و ربحاً متوسطاً للربح الفعال المتوسط، و يتم تحديد النظام الأفضل عند مقارنته مع غيره من الأنظمة عند شروط متطابقة و يتم مقارنة هوائيات كل نظام إلى هوائيات مرجعية لمعرفة مقدار ربحه.
أما بالنسبة لربح التنوع النسبي فيتم قياسه من خلال قياس أداء التنوع و مقارنته مع ربح هوائي مرجعي S1 و يعطى بالرمز G_{rdiv}، حيث أن أداء نظام تنوع الزاوي يمكن مقارنته مباشرة مع هوائي مرجعي كما في الشكل (٤-5) .[9].



(a) $r_{S_1}(x)$ and $r_{S,SC}(x)$

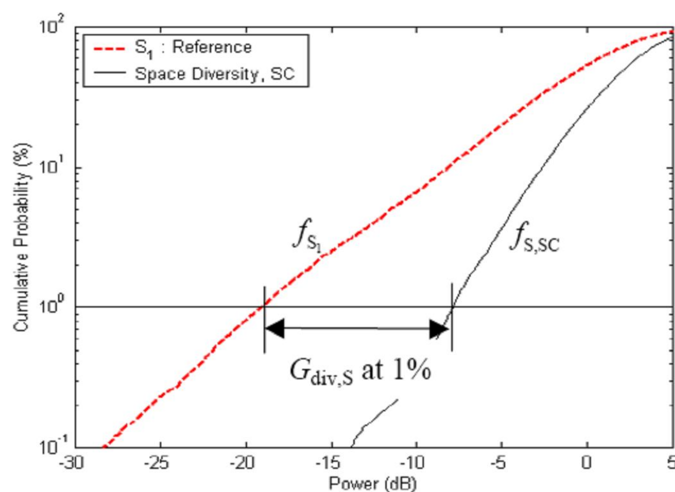


(b) $r_{A_{MAX}}(x)$ and $r_{A,SC}(x)$

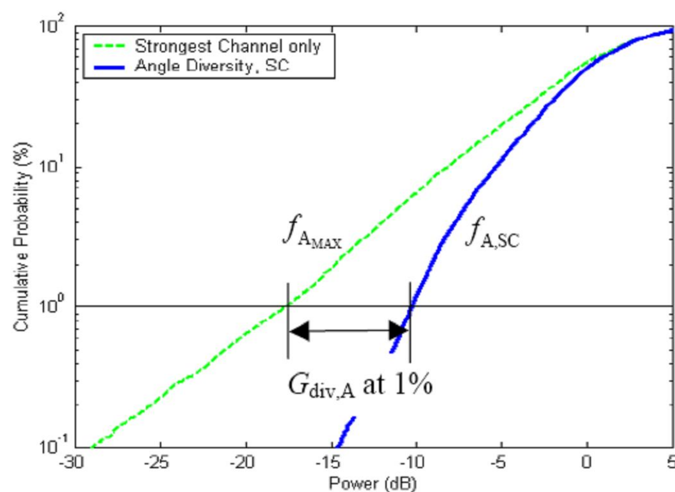


(c) $r_{S_1}(x)$ and $r_{A,SC}(x)$

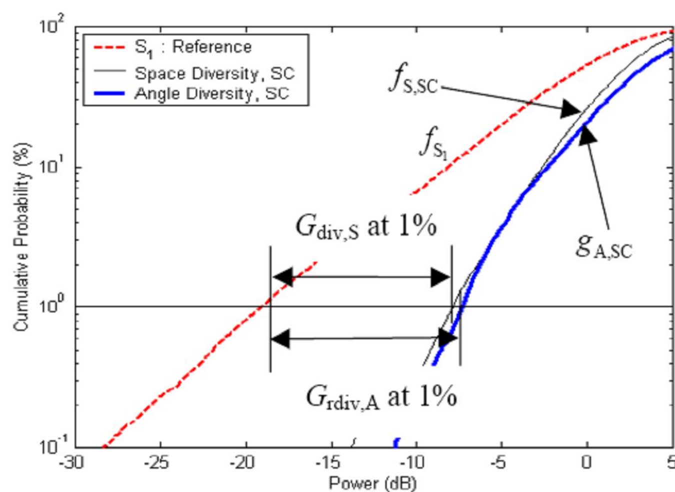
الشكل (٤-5) ربح التنوع و ربح التنوع النسبي



(a) CDFs of $f_{S_1}(x)$ and $f_{S,SC}(x)$



(b) CDFs of $f_{A_{MAX}}(x)$ and $f_{A,SC}(x)$



(c) CDFs of $f_{S_1}(x)$ and $g_{A,SC}(x)$

الشكل(٤-6) ربح التنوع و ربح التنوع النسبي في توابع التوزيع التراكمية كاستجابة لاشارات المعطيات

ولحساب ربح التنوع النسبي فإنه يجب معالجة مركبات الخفوت القصير الأمد بنفس الطريقة التي تمت فيها معالجة مركبات الخفوت طويل الأمد $m_{S_1}(t)$ و يعبر عنها بالعلاقات التالية:

$$g_{p,s_c}(x)=\frac{r_{p,s_c}(x)}{m_{s_1}(x)}$$ تنوع الاستقطاب (٤-١٣)

$$g_{A,s_c}(x)=\frac{r_{A,s_c}(x)}{m_{s_1}(x)}$$ تنوع الزاوية (٤-١٤)

في حالة تنوع الفراغ، فان الربح النسبي للتنوع و ربح التنوع أي $G_{div,s}$ و $G_{rdiv,s}$ يكونان دائما متساويين و ذلك بسبب استخدام نفس الهوائي المرجعي S1.

يمكن الحصول على ربح النسبي لتنوع الزاوية $G_{rdiv,A}$ من توابع التوزيع التراكمي لكل من $f_{s_1}(x)$ و $g_{A,s_c}(x)$. حيث أن توابع التوزيع التراكمي ل $g_{A,s_c}(x)$ المبينة بالشكل (٤-c٦) مزاحة بمقدار(٣ ديسيبل) إلى الجانب الأيمن مقارنة مع توابع التوزيع التراكمية ل $f_{A,S_C}(x)$ المبينة بالشكل (٤-6b) .إن سبب هذه الإزاحة يعود إلى أن الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الزاوية يكون كبيراً بالمقارنة مع الهوائي المرجعي S1.

ربح التنوع النسبي لتنوع الزاوية $G_{rdiv,A}$ نعد المستوى ٠.٠١ يشكل الفرق بين قيمة تابع التوزيع التراكمي لأجل $f_{s_1}(x)$ (-19.2) ديسيبل و بين قيمة تابع التوزيع التراكمي لأجل $f_{A,s_c}(x)$ و تساوي (-٧.٣) ديسيبل و بالتالي قيمة هذا الربح $-7.3-(-19.2)=11.9$ ديسيبل و يمكن الحصول على ربح التنوع النسبي لتنوع الاستقطاب $G_{rdiv,p}$ بنفس الطريقة.

و يعبر عن العلاقة بين الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الاستقطاب مع الهوائي المرجعي S1 بالشكل التالي:

$$\frac{G_{e,p}(x)}{G_{e,s}(x)}=\frac{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{p_1}^2(y).dy}{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{s_1}^2(y).dy} \qquad \text{for} \qquad x=\left[\frac{w}{2},L-\frac{w}{2}\right]$$ (٤-١٥)

حيث أن $G_{e,p}(x)$ و $G_{e,s}(x)$ هو الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الاستقطاب و الفراغ عندما يكون المشترك في الموقع (x) . عندئذ فإن معدل الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الاستقطاب يرتبط مع الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الفراغ بالعلاقة $G_{e,p}/G_{e,s}$ والتي نحصل عليها بالشكل التالي :

$$\frac{G_{e,p}}{G_{e,s}} = \frac{1}{L-w} \int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} \frac{G_{e,p}(x)}{G_{e,s}(x)} .dy \qquad (١٦-٤)$$

ومعدل الربح الفعال المتوسط لهوائي تنوع الزاوية يرتبط مع هوائي تنوع الفراغ بالعلاقة $G_{e,A}/G_{e,s}$ والتي تأخذ الشكل :

$$\frac{G_{e,A}}{G_{e,s}} = \frac{1}{L-w} \int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} \frac{G_{e,A}(x)}{G_{e,s}(x)} .dy$$

و بالتالي فان الربح النسبي للتنوع يكون حاصل جمع ربح التنوع مع الربح الفعال المتوسط و يعبر عن ذلك بالعلاقات التالية:

$$G_{div,p} + \frac{G_{e,p}}{G_{e,s}} \cong G_{rdiv,p} \qquad \text{تنوع الاستقطاب} \qquad (١٧-٤)$$

$$G_{div,A} + \frac{G_{e.A}}{G_{e,s}} \cong G_{rdiv,A} \qquad \text{تنوع الزاوية} \qquad (١٨-٤)$$

٤-4 معاملات الربط المتقاطع للإشارة Signal Cross-Correlation Coefficients

تستخدم معاملات الربط المتقاطع للإشارة الناتجة عن عناصر الهوائيات المتعددة ليس فقط لتقييم تقنيات ربط التنوع، وأيضا" لمعالجة الأنظمة العامة، وذلك لأن نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل المثالية للمصفوفة هي عبارة عن تابع لمصفوفة الربط.

هنالك ثلاثة أنواع من معاملات الربط المتقاطع للإشارة المركبة، أغلفة الإشارة، و طاقة الإشارة. و يعبر عن هذا المعامل للإشارة المركبة بالعلاقة التالية :

$$\rho_s = \frac{E\left[V_1.V_2^*\right]}{\sqrt{E\left[V_1.V_1^*\right]E\left[V_2.V_2^*\right]}} \qquad (١٩-٤)$$

حيث أن V1 و V2 هي جهود مركبة مصغرة.

معامل الربط لغلاف الإشارة يعطى بالعلاقة التالية :

$$\rho_e = \frac{E[e_1.e_2]}{\sqrt{E[e_1^2]E[e_1^2]}} \qquad (٢٠-٤)$$

حيث أن e_1 و e_2 هي أغلفة إشارة مصغرة و نعبر عنها بالعلاقات التالية:

$$e_1(x) = \frac{r_1(x)}{m_1(x)} - \frac{1}{L-W}\int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} \frac{r_1(x)}{m_1(x)}.dy \qquad (٢١-٤)$$

$$e_2(x) = \frac{r_2(x)}{m_2(x)} - \frac{1}{L-W}\int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} \frac{r_2(x)}{m_2(x)}dy \quad \text{for} \quad x = [\frac{w}{2}, L-\frac{w}{2}] \qquad (٢٢-٤)$$

حيث أن $r_1(x)$ و $r_2(x)$ مطابقة لكل من $r_{s_1}(x)$ و $r_{s_2}(x)$ في نظام تنوع الفراغ، و مطابقة ل $r_{p_1}(x)$ و $r_{p_2}(x)$ في نظام تنوع الاستقطاب، و أقوى قناتين في نظام تنوع الزاوية على التعاقب. القيمة المتوسطة للعلاقة (٤-٢١) و العلاقة (٤-٢٢) هي الصفر.

يعبر عن معامل ارتباط طاقة الإشارة بالعلاقة :

$$\rho_p = \frac{E[p_1 p_2]}{\sqrt{E[p_1^2].E[p_1^2]}} \qquad (٢٣-٤)$$

حيث أن: p_1 و p_2 هي طاقات لإشارات مصغرة. وفي بيئات الخفوت لرايلي وجد أن: $|\rho_s|^2 \approx \rho_e \approx \rho_p$.

٤-5 عدم توازن الطاقة Power Imbalances

يدعى الاختلاف في مستويات الطاقة بين الأقنية في نظام التنوع بعدم توازن الطاقة والذي هو أيضاً بارا متر هام لوصف فعالية أنظمة التنوع.

وبالتالي للحصول على ربح تنوع عال يجب أن يكون الخلل في الطاقة الناتج بين الأقنية حوالي (٢ ديسيبل). لا يرتبط عدم توازن الطاقة – الخلل بالطاقة– في نظام تنوع الزاوية فقط مع ربح التنوع بل أيضاً مع الربح الفعال المتوسط للهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة MFNB Multiple-Fixed Narrow-Beam

إذا كان فرق خلل الطاقة صغيراً بين الأقنية في نظام تنوع الزاوية، عندئذ سنحصل على ربح تنوع عال و لكنه بنفس الوقت سيعطي ربحاً فعالاً متوسطاً صغيراً. في حين إذا كان الاختلاف بالطاقة كبيراً عندئذ سنحصل على ربح تنوع منخفض و ربح فعال متوسط عال. لذلك فإن عدم توازن الطاقة بين الأقنية لن يشكل ميزة سيئة لعمل نظام تنوع الزاوية. حيث أن أداء نظام تنوع الزاوية يعبر عنه بربح التنوع النسبي بدلاً من ربح التنوع. نسبة الطاقة المعدلة المتنقلة بين الفروع يعبر عنها بالشكل:

$$P_{ratio,s}(x)=\frac{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r^2{}_{S_2}(y).dy}{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r^2{}_{S_1}(y).dy}$$ تنوع الفراغ (٤-٢٤)

$$P_{ratio,p}(x)=\frac{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{p_2}^2(y).dy}{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{p_1}^2(y).dy}$$ تنوع الاستقطاب (٤-٢٥)

$$P_{ratio,A}(x)=\frac{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{A_{MAX2}}^2(y).dy}{\int_{x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} r_{A_{MAX1}}^2(y).dy} \quad x=[\frac{w}{2}, L-\frac{w}{2}]$$ تنوع الزاوية (٤-٢٦)

حيث أن $A_{MAX.1}$ و A_{MAX_2} هما القناتان الأقوى الأولى والثانية على التوالي في نظام تنوع الزاوية .عندئذ فإن القيمة المتوسطة للخلل أو عدم توازن الطاقة بالديسيبل يعبر عنه بالشكل التالي

$$P_{imb,s} = \left| 10.\log\left\{ \frac{1}{L-w} \int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} P_{ratio,s}(x).dx \right\} \right| ...(dB)$$ (٤-٢٧) تنوع الفراغ

$$P_{imb,p} = \left| 10.\log\left\{ \frac{1}{L-w} \int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} P_{ratio,p}(x).dx \right\} \right| ...(dB)$$ (٤-٢٨) تنوع الاستقطاب

$$P_{imp.A} = \left| 10.\log\left\{ \frac{1}{L-w} \int_{\frac{w}{2}}^{L-\frac{w}{2}} P_{ratio,A}(x).dx \right\} \right| ...(dB)$$ (٤-٢٩) تنوع الزاوية

الفصل الخامس

خصائص أنظمة التنوع

Performance of Diversity Systems

يمكن لأنظمة الاتصالات اللاسلكية القياسية ربط أنظمة متنوعة بطرق مختلفة و هذه تتطلب مستويات مختلفة لتحسين الموثوقية باستخدام التنوع.

إن فعالية أنظمة التنوع تقارن من أجل حالات متعددة : نمط هوائي التنوع، تقنيات الربط، المسافة بين محطة القاعدة و المشترك، توجيهات هوائي الجهاز المتنقل، بيئات الانتشار، مستويات الموثوقية المرغوب بها.

ستتم مقارنة فعالية التنوع مع ربح التنوع و ربح التنوع النسبي وسيتم مقارنة ربح التنوع و ربح التنوع النسبي من أجل أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب و الزاوية و ذلك باستخدام تقنية الربط بالاختيار و الربح المتساوي و الربط بالنسبة العظمى في مناطق مختلفة من المدن والتي فيها أنظمة الاتصالات لا تعتمد على خط نظر في (NLOS) .

عندما يكون الخفوت في الإشارة المستقبلة كبيراً فان ذلك سينقص من جودة الخدمة في أنظمة الاتصالات اللاسلكية الأرضية. وهذا يسبب قطع الاتصال بشكل متكرر بالتالي سنحتاج إلى طاقة عالية للمرسل للتغلب على الخفوت و الحصول على نظام لاسلكي قياسي، وغالباً سيتم فقدان إطار المعطيات الذي يتم إرساله في حال وجود خفوت كبير للإشارة.

معدل أداء أنظمة الاتصالات اللاسلكية هام جدا" و على الغالب يتم تمثيله بالقيمة المتوسطة لقوة الإشارة المستقبلة أو طاقة الإشارة المستقبلة. يتم اعتبار المتوسط في الحسابات هو القيمة المتغيرة عشوائيا عند ٥٠% لمستوى الاحتمالية في تابع التوزيع التراكمي (CDF) .

وهكذا فانه سيتم مناقشة و تمثيل ربح التنوع و ربح التنوع النسبي ليس فقط عند المستويات 1% و 10% بل سيتم تمثيلها عند المستوى 50% لتابع التوزيع التراكمي و ذلك للحصول على توضيح جيد لمعدل الفعالية باستخدام طرق التنوع المختلفة.

تؤخذ مميزات الإشارة المستقبلة في أنظمة الاتصالات اللاسلكية الأرضية بشكل عشوائي، ولا يمكن تمثيل فعالية أي نظام لاسلكي بوجود عدد قليل من المعطيات، في حين أنه يتم تمثيلها بيانيا و بشكل تخطيطي بوجود العديد من نقاط المعطيات المقاسة.**[١١].[١٣]**

٥-١ مقارنة طرق التنوع من أجل الربط بالاختيار

Comparisons of Diversity Methods for selection combining

تم شرح ربط التنوع بالاختيار، حيث أن ربح التنوع و ربح التنوع النسبي في المدن ذات الاتصال العشوائي(بدون خط نظر- NLOS) تقاس عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار عند

المستويات الاحتمالية 1% و 10% و 50% لتابع التوزيع التراكمي وهذه مبينة بالأشكال من (٥-١) إلى (٥-٤). تظهر هذه الأشكال التأثيرات الناتجة عن التوجيهات المختلفة لهوائي الجهاز المتنقل و المسافة بين محطة القاعدة (BS) و المشترك (MS).

٥-١-١ المقارنة بين تنوع الزاوية و تنوع الفراغ باستخدام تقنية الربط بالاختيار:

تمثل أرباح التنوع باستخدام الربط بالاختيار عند ثلاثة مستويات احتمالية في بيئات الاتصال العشوائي (NLOS) و ذلك عندما يتم توجيه هوائي الجهاز المتنقل بشكل عمودي و يظهر ذلك في الشكل (٥-١) و بشكل أفقي في الشكل (٥-٢). بحيث تم رسم هذه الأشكال اعتماداً على القيم المعيارية للمعطيات في بيئات الاتصال العشوائية(NLOS) والتي فيها متوسط القيم المقاسة لأرباح التنوع في نظام تنوع الفراغ $G_{div,s}$ تكون $8.9dB$ عند المستوى 1% و $4.8dB$ عند المستوى 10% و $2.2dB$ عند المستوى الاحتمالي 50%، كما يظهر في الشكلين (٥-١) و (٥-٢). كلما ازدادت المسافة (d) بين محطة القاعدة و المشترك ينقص ربح التنوع لنظام تنوع الفراغ بشكل بطيء، هذا بالإضافة إلى أن ربح التنوع لنظام تنوع الفراغ مستقل تقريباً عن طريقة توجيه هوائي الجهاز المتنقل.

قيمة هذا الربح عند المستوى الاحتمالي ١% هي $10.dB$ لمسافة مقدارها 2km ، وكما ذكرنا سابقاً إن ربح التنوع و ربح التنوع النسبي نفسه في حالة تنوع الفراغ وذلك لأنه يستخدم هوائي مرجعي واحد S1، وبالتالي فان الربح في هذه الحالة نفسه و الذي يظهر بالشكلين (٥-١) و(٥-٢) و كذلك بالنسبة لربح التنوع النسبي في الشكلين (٥-٣) و(٥-٤) على التعاقب.

ربح التنوع في نظام تنوع الزاوية $G_{div,A}$ يمثل الموثوقية المعدلة بالمقارنة مع موثوقية هوائي الحزمة الضيقة الثابتة من دون استخدام أنظمة التنوع. ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية مستقل تقريباً عن طريقة توجيه الهوائي للجهاز المتنقل كما هو مبين بالشكلين (٥-١) و(٥-٢) و هذا الربح ذو قيمة كبيرة للمسافات القصيرة و لكنه ينقص بسرعة عند ازدياد المسافة، ينقص الربح عند المستوى 50% عندما تزداد المسافة لتصل إلى 2km و يعتبر مهملا" لمسافة من 2km إلى 4km كما هو مبين بالشكل (٥-1c) و من هذه النتائج نستنتج أن تقنيات ربط التنوع بالاختيار تقدم ربحاً عالياً عند مستويات احتمالية مختلفة و مسافات قصيرة، و تقدم ربحاً منخفضاً عند مستويات احتمالية عالية و مسافات طويلة. يسمح ربح التنوع بمقارنة فعالة لأنظمة تنوع مختلفة تحت شروط متطابقة مع هوائي مرجعي. يوضح ربح التنوع النسبي الموثوقية المعدلة بالمقارنة مع هوائي مرجعي وحيد S1 و الذي استخدم في نظام تنوع الفراغ، و قيمة الربح النسبي في هذه الحالة هي $8.9dB$ عند المستوى الاحتمالي 1%، و

يأخذ القيمة $4.7dB$ عند المستوى 10% كما في الشكلين (٥-٣) و (٥-٤) و هذه القيم هي تقريباً نفسها قيم ربح التنوع بتطبيق نظام تنوع الفراغ عند المستويات 1% و 10% لمسافات و توجيهات هوائي الجهاز المتنقل مختلفة. قيمة الربح النسبي بتطبيق نظام تنوع الزاوية $20dB$ عند المستوى 50% و عند المسافة 300m و تزداد هذه القيمة بمقدار $4.5dB$ من أجل مسافة 2Km كما في الشكلين (٥-٤) و (٥-٣).

ربح التنوع النسبي المقاس لنظام تنوع الزاوية ثابت تقريبا" عند المستوى 1% و المستوى 10% كما في الشكلين (٥-٣) و(٥-٤). تزود تقنية ربط التنوع بالاختيار المطبقة على نظام تنوع الزاوية ربحاً عالياً للتنوع لأجل مسافات قصيرة و ربحاً تنوع منخفض للمسافات الطويلة، في حين تقدم الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة (MFNB) المطبقة على نظام تنوع الزاوية ربحاً فعالاً متوسط عالياً عند مسافات طويلة، و ربحاً فعالاً متوسطاً منخفضاً عند المسافات القصيرة مقارنة مع الهوائي المرجعي ذو الحزمة الضيقة S1 المستخدم في نظام تنوع الفراغ. و يعتبر أيضاً توجيه هوائي الجهاز المتنقل مهمل بالمقارنة مع فعالية التنوع بين نظام تنوع الزاوية و تنوع الفراغ و ذلك في الأشكال من(٥-١) إلى (٥-٤).

من المفيد ملاحظة نقاط المعطيات المرسومة لربح التنوع و ربح التنوع النسبي و الربح الفعال المتوسط في نظام تنوع الزاوية و التي تبدي انحرافاً كبيراً عن المنحنيات المناسبة عند المسافات التي تقل عن 1.5km بالمقارنة مع أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب.

٥-١-٢ المقارنة بين تنوع الاستقطاب و الفراغ باستخدام تقنية الربط بالاختيار

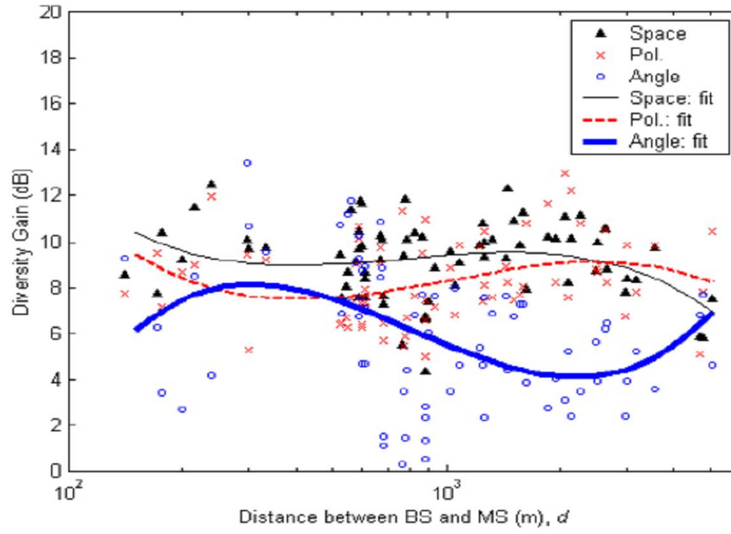
يمثل ربح التنوع لنظام تنوع الاستقطاب $G_{div,p}$ الموثوقية المعدلة مع هوائي تنوع الاستقطاب بزاوية ميل ٤٥° من دون وجود تنوع.

يمثل ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب $G_{rdiv,p}$ الموثوقية المعدلة مع الهوائي المرجعي S1 المقطب عمودياً و المستخدم في نظام تنوع الفراغ.ربح التنوع في البيئات NLOS تقارن مع ربح التنوع في نظام تنوع الفراغ، في حين أن ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب تعتمد بشكل كبير على توجيه هوائي الجهاز المتنقل.

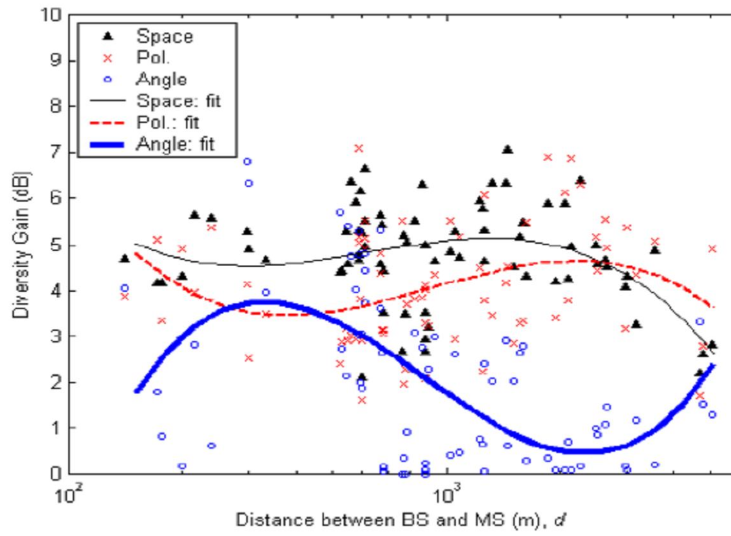
عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل شاقولي فإن ربح التنوع في نظام تنوع الاستقطاب عند مستويات احتمالية مختلفة تتراوح من ١ إلى ٢ ديسيبل لمسافة تتراوح من 150m إلى 1.5km و يكون أقرب إلى ربح التنوع في نظام تنوع الفراغ عندما تزداد المسافة كما هو مبين بالشكل (٥-١).

عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطب بشكل أفقي فان ربح التنوع في نظام تنوع الاستقطاب عند مستويات احتمالية مختلفة تكون عادة أقرب إلى ربح التنوع في نظام تنوع الفراغ كما في الشكل (٥-٢). ربح التنوع في نظام تنوع الاستقطاب في البيئات التي تستخدم الخلايا الصغيرة جداً في المدن تختلف مع اختلاف توجيه هوائي الجهاز المتنقل و يعود سبب ذلك إلى الاختلاف الكبير في معاملات الربط لأغلفة الإشارة مع اختلاف توجيه هوائي الجهاز المتنقل.

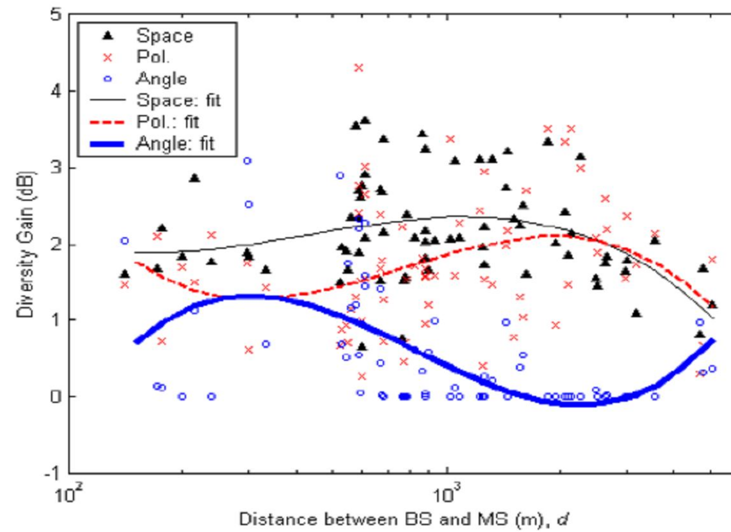
ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب أخفض بعدد من بالديسيبل بالمقارنة مع الربح النسبي في نظام تنوع الفراغ عندما يكون توجيه هوائي الجهاز المتنقل عمودياً. كما هو مبين بالشكل (٥-٣). في حين ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب يكون أكبر بعدة ديسيبلات بالمقارنة مع الربح النسبي في نظام تنوع الفراغ عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل أفقي كما في الشكل (٥-٤). و هذا يعود إلى الاختلاف الكبير للربح الفعال المتوسط في نظام تنوع الاستقطاب مع اختلاف توجيه هوائي الجهاز المتنقل. ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب يميل للزيادة مع زيادة المسافة بغض النظر عن توجيه هوائي الجهاز المتنقل و المستويات الاحتمالية كما هو مبين بالشكلين (٥-٤) و (٥-٣). **[٨]**



(a) At the 1% level

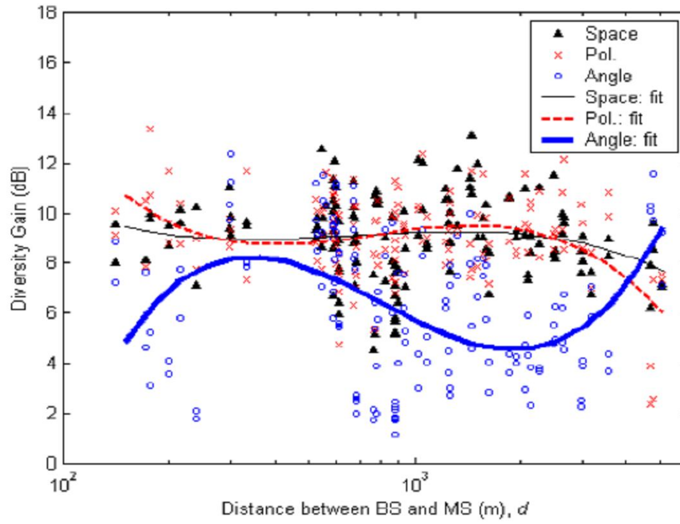


(b) At the 10% level

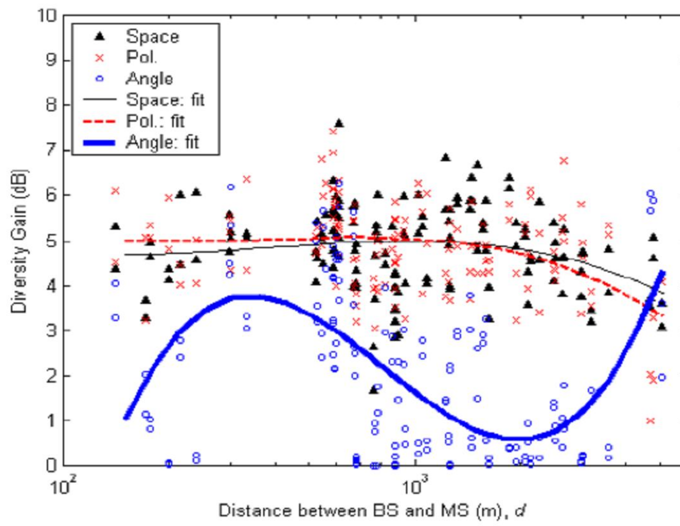


(c) At the 50% level

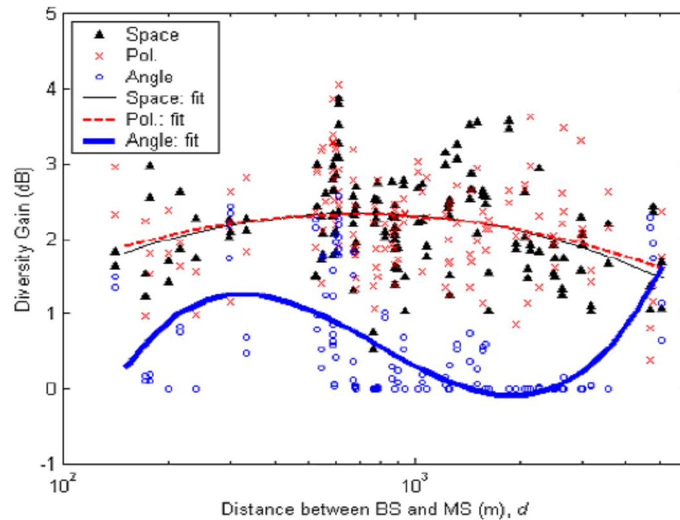
الشكل(٥-١) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئات NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل شاقولي



(a) At the 1% level

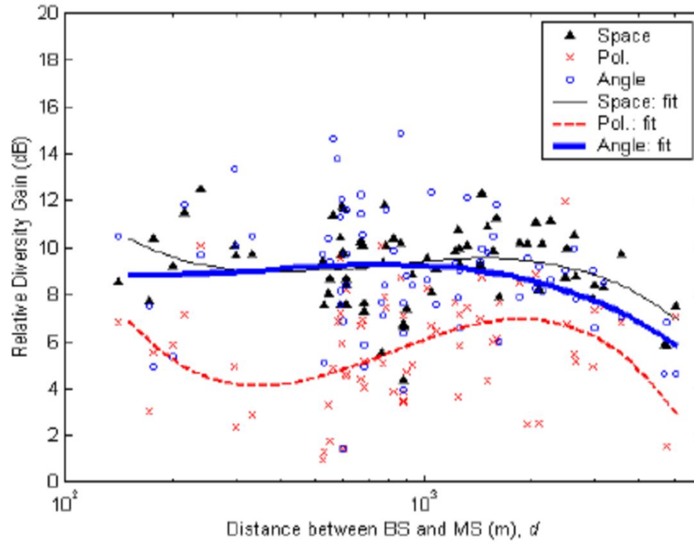


(b) At the 10% level

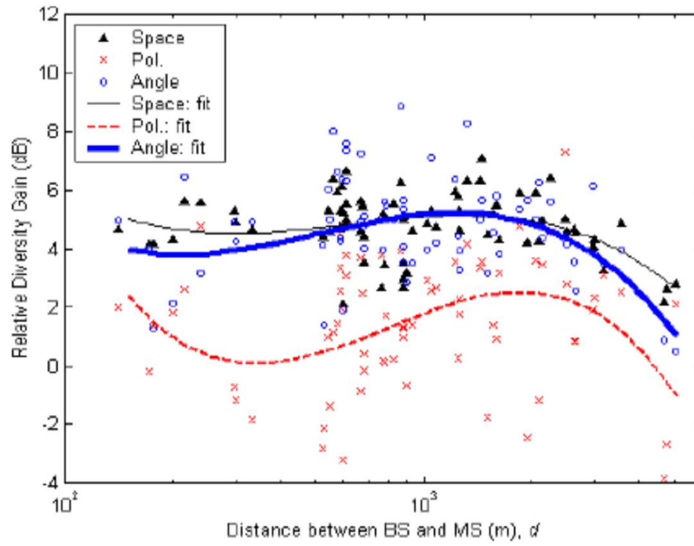


(c) At the 50% level

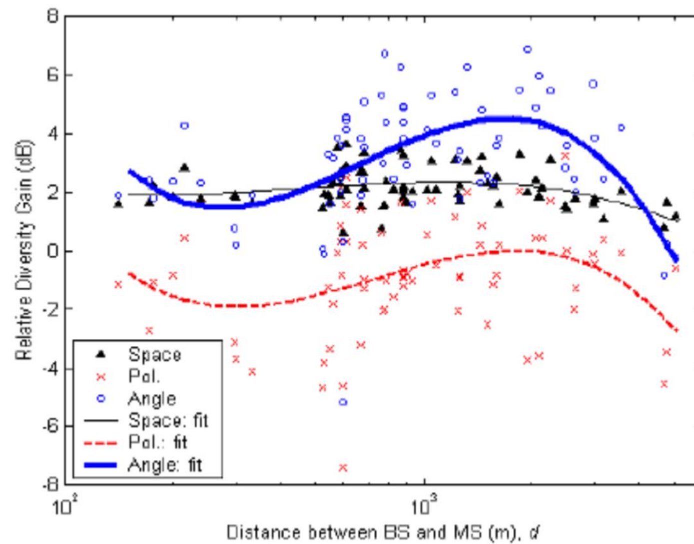
الشكل(٥-٢) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل أفقي



(a) At the 1% level

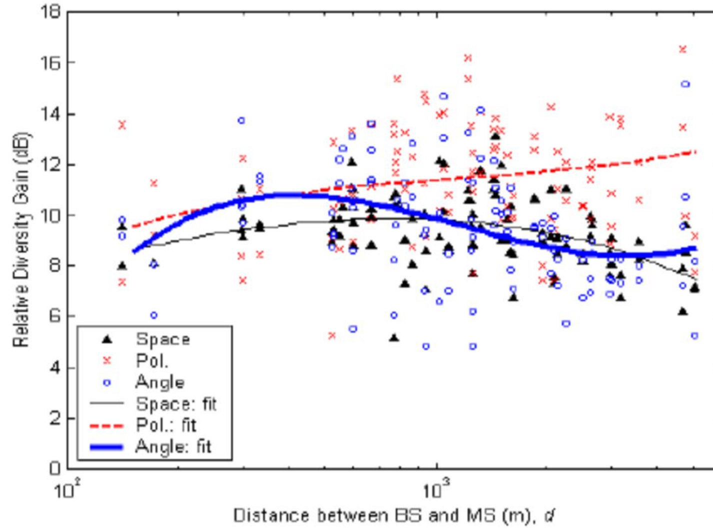


(b) At the 10% level

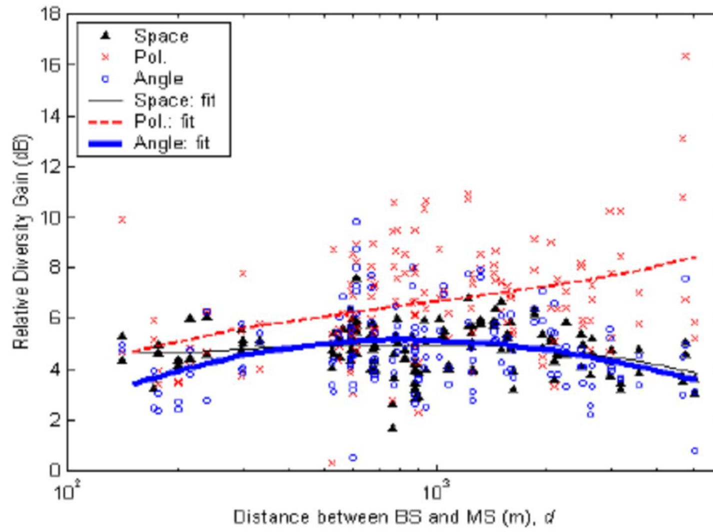


(c) At the 50% level

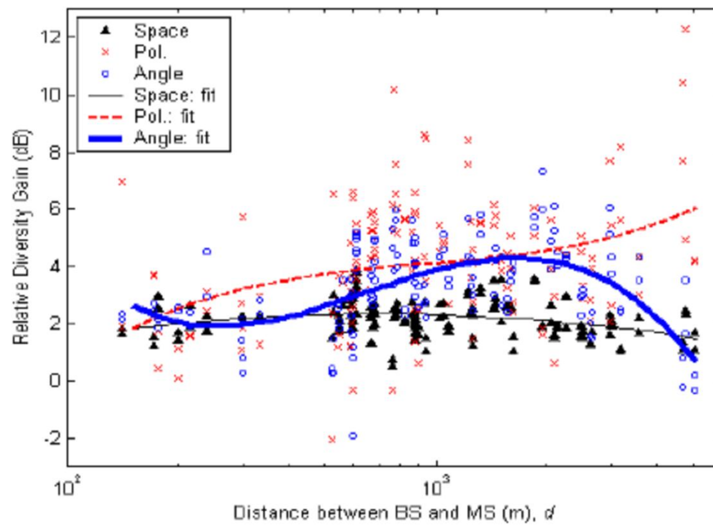
الشكل(٥-٣) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل شاقولي



(a) At the 1% level



(b) At the 10% level



(c) At the 50% level

الشكل(٥-٤) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل أفقي.

٥-٢ مقارنة طرق التنوع باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى
Comparison of Diversity Methods for Maximal Ratio Combining

ربح التنوع و ربح التنوع النسبي في بيئات NLOS عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى و هوائي الجهاز المتنقل مقطب بشكل شاقولي تمثل بالأشكال (٥-٥) و (٥-٦) للمستويات الاحتمالية 1% و 10% و50% لتابع التوزيع التراكمي كتابع للمسافة بين محطة القاعدة و المشترك.

يظهر الشكل (٥-٥) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى عند المستويات الاحتمالية ١% والمستوى 10% و المستوى 50% في البيئات NLOS. القيم المتوسطة لهذه الأرباح في نظام تنوع الفراغ هي $10.4dB$ عند المستوى 1%، و $6.3dB$ عند المستوى 10% و $3.7dB$ عند المستوى 50% لتابع التوزيع التراكمية و قيمة هذا الربح أعلى بمقدار $1.5dB$ بالمقارنة مع ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالاختيار.

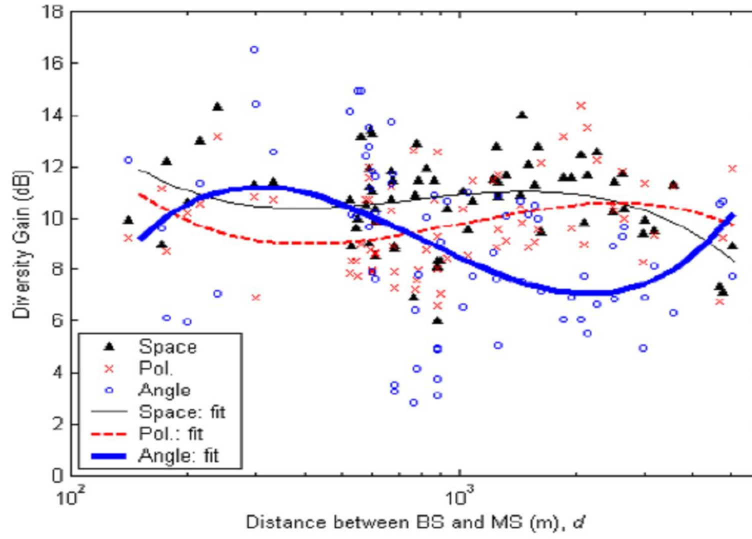
قيمة ربح التنوع $11.5dB$ في نظام تنوع الفراغ باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى عند المستوى 1% و لمسافة تتراوح من 1km إلى 3km. الجدول (٥-١) يقارن بين ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى و الربط بالاختيار، و القيم في هذا الجدول ناتجة عن المنحنيات الملائمة المقابلة للمسافات و المستويات الاحتمالية.

تزود تقنية الربط بالنسبة العظمى زيادة في ربح التنوع تتراوح من $2.5dB$ إلى $3.1dB$ عند مسافة مقدارها 300m بالمقارنة مع تقنية الربط بالاختيار. تقدم تقنية الربط بالنسبة العظمى زيادة في ربح التنوع مقداره $3dB$ عند المسافة 2km و للمستوى 1% في حين ربح التنوع عند المستوى 50% أعلى بمقدار $1.3dB$ فقط بالمقارنة مع تقنية الربط بالاختيار. القيم المتوسطة لربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية $G_{rdiv,A}$ هي: $12dB$ عند المستوى 1% و $7.5dB$عند المستوى 10% في بيئات NLOS كما في الشكل (٥-٦).

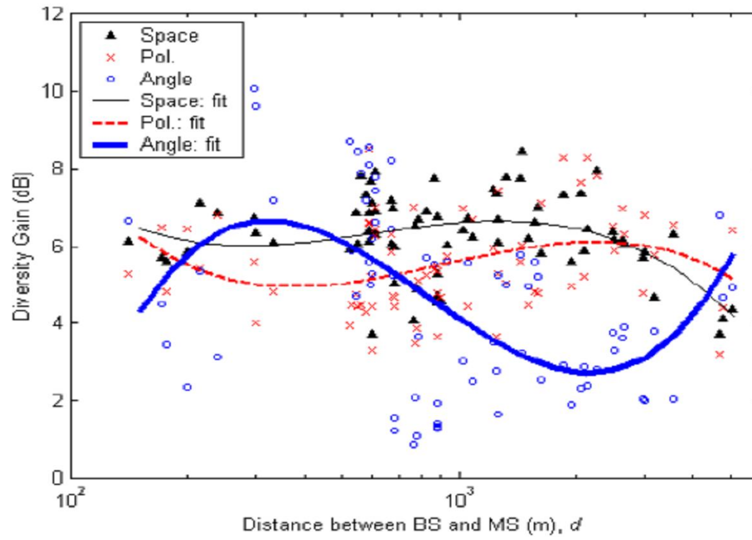
تشير هذه النتائج إلى أن نظام تنوع الزاوية أفضل من نظام تنوع الفراغ في بيئاتNLOS بمقدار $1dB$ عند استخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى. إن كلا" من ربح التنوع و ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الاستقطاب و باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى تزداد بمقدار $1.5dB$ بالمقارنة مع تقنية الربط بالاختيار، بغض النظر عن المسافة و المستويات الاحتمالية. و ذلك لأن كلا" من نظام تنوع الفراغ و الاستقطاب المستخدمين تقنية الربط بالنسبة العظمى يقدمان زيادة في الربح مقدارها $1.5dB$، بالمقارنة مع استخدام تقنية الربط بالاختيار. و عند المقارنة بين كفاءة نظام تنوع الفراغ و تنوع الاستقطاب فانه لا تظهر فروقات هامة عند استخدام تقنية الربط بالاختيار أو استخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى و إن زيادة الربح بمقدار $1.5dB$ تعتمد أيضاً على توجيه هوائي الجهاز المتنقل .

Probability in CDF	d = 300m		d = 2 km	
	SC	MRC	SC	MRC
1%	8.0 dB	11.1dB	4.0 dB	7.0 dB
10%	3.6 dB	6.5 dB	0.5 dB	2.7 dB
50%	1.3 dB	3.8 dB	0 dB	1.3 dB

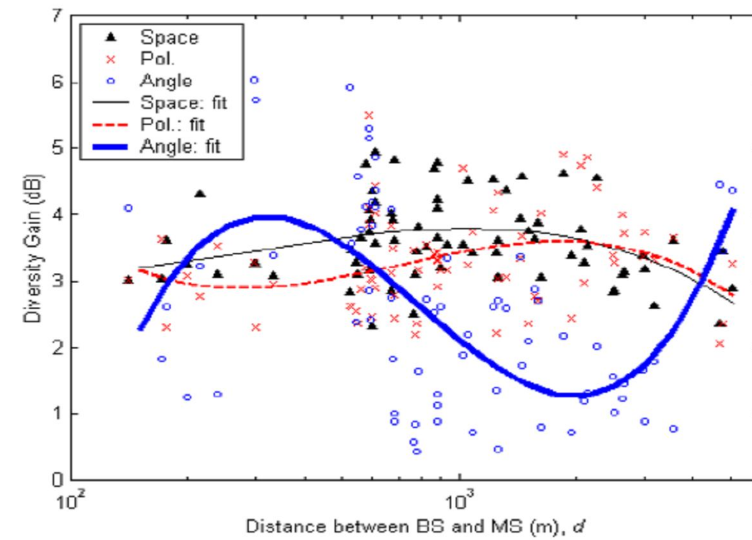
الجدول (٥-١) مقارنة ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار و الربط بالنسبة العظمى



(a) At the 1% level

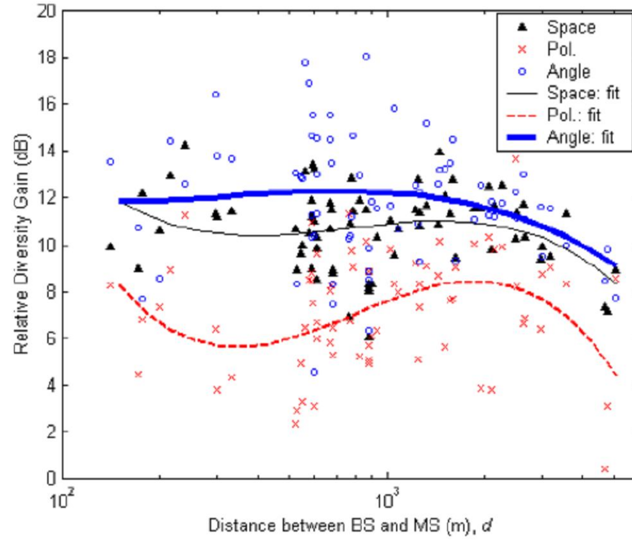


(b) At the 10% level

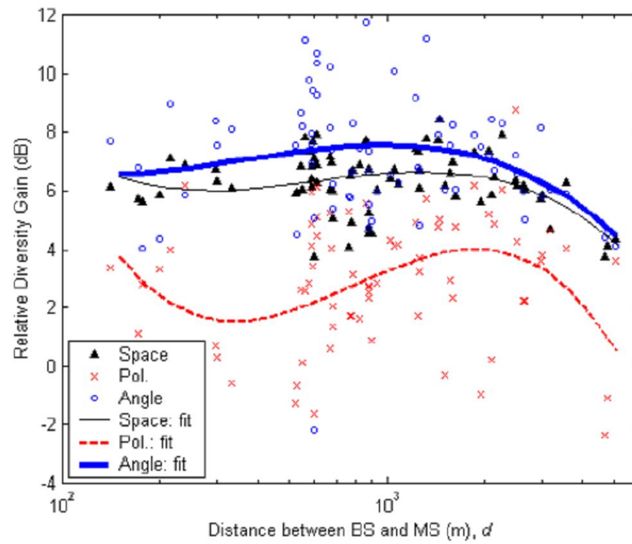


(c) At the 50% level

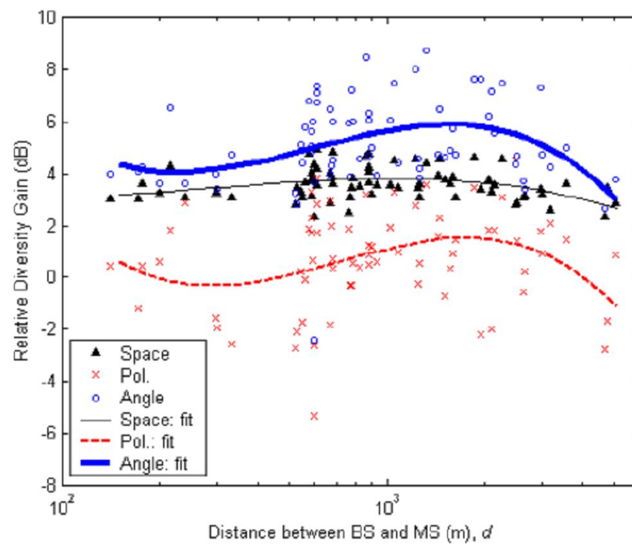
الشكل(٥-٥): ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل شاقولي.



(a) At the 1% level



(b) At the 10% level



(c) At the 50% level

الشكل(٥-٦) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل أفقي.

٥-٣ مقارنة أنظمة التنوع عند استخدام تقنية الربط بالربح المتساوي

Comparison of Diversity Methods for Equal Gain Combining

يوضح المخطط في الأشكال (٥-٧) و (٥-٨) ربح التنوع و ربح التنوع النسبي في البيئات NLOS عند استخدام تقنية الربط بالربح المتساوي و يكون توجيه هوائي الجهاز المتنقل عمودياً بحيث المستويات الاحتمالية ١% و ١٠% و ٥٠% لتابع التوزيع التراكمي تابعة للمسافة بين محطة القاعدة و المشترك.

يظهر الشكل(٥-٧) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالربح المتساوي عند المستويات الاحتمالية ١% و ١٠% و٥٠% في البيئات NLOS . القيم المتوسطة لربح التنوع لنظام تنوع الفراغ $G_{div,s}$ في هذه البيئات هي: $9.8dB$ عند المستوى ١% و $5.7dB$ عند المستوى ١٠% و $32dB$ عند المستوى ٥٠% لتابع التوزيع التراكمي. و هذا الربح يكون أعلى بمقدار $1dB$ بالمقارن مع الأرباح الناتجة عن أنظمة التنوع التي تستخدم تقنية الربط بالاختيار.

قيمة ربح التنوع تقريباً $11dB$ لنظام تنوع الفراغ عند استخدام تقنية الربط بالربح المتساوي عند المستوى١% و مسافة تتراوح ما بين ١km إلى ٣km. الجدول (٥-٢) يقارن ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار و تقنية الربط بالربح المتساوي. و القيم في الجدول مأخوذة من المنحنيات الملاءمة المقابلة للمسافة و المستويات الاحتمالية . تقدم تقنية الربط بالربح المتساوي في هذه الحالة زيادة في قيم ربح التنوع تتراوح من $1.6dB$ إلى $2.1dB$ لمسافة مقدارها 300 m بالمقارنة مع تقنية الربط بالاختيار. و إن تقنية الربط بالربح المتساوي تقدم زيادة للربح أعلى بمقدار $2dB$ عند المستوى 1% لمسافة مقدارها 2km و لكنها تقدم ربح اخفض بمقدار $0.4dB$ عند المستوى 50% بالمقارنة مع تقنية الربط بالاختيار. ربح التنوع بالديسيبل دائماً موجب عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى و الربط بالاختيار، في حين أنه عند تطبيق تقنية الربط بالربح المتساوي فان ربح التنوع يمكن أن يكون سالباً و ذلك إذا كان هناك أقنية تقدم طاقة ضجيج عالية بالمقارنة مع طاقة الإشارة. يبين الجدول (٥-٢) و الشكل (٥-7c) أن ربح التنوع هو $-0.4dB$ في نظام تنوع الزاوية عند تطبيق تقنية الربط بالربح المتساوي عند المستوى الاحتمالي 50% و لمسافة مقدارها 2km. فإذا كان لدينا قناة فيها متوسط طاقة الإشارة منخفض بشكل كبير بالمقارنة مع أقنية أخرى، فانه من الأفضل عدم استخدام هذه القناة في حالة الربط بالربح المتساوي.

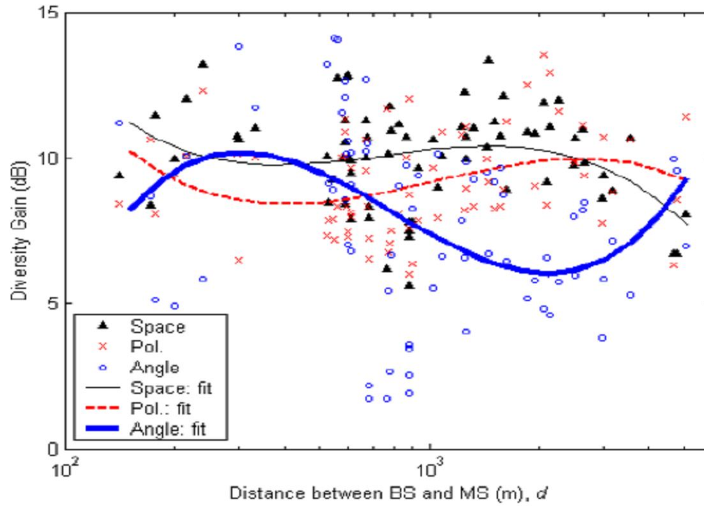
القيمة المتوسطة لربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية ، $G_{rdiv,A}$ هي : $11dB$ عند المستوى الاحتمالي 1% ، $6.2dB$ عند المستوى الاحتمالي 10% و $3.8dB$ عند المستوى الاحتمالي 50%. في البيئات NLOS كما هو مبين بالشكل (٥-٨) .

ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية أعلى بمقدار من $(0-1)dB$ بالمقارنة مع ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الفراغ للمسافات و مستويات احتمالية مختلفة كما هو مبين بالشكل (٥-٨).

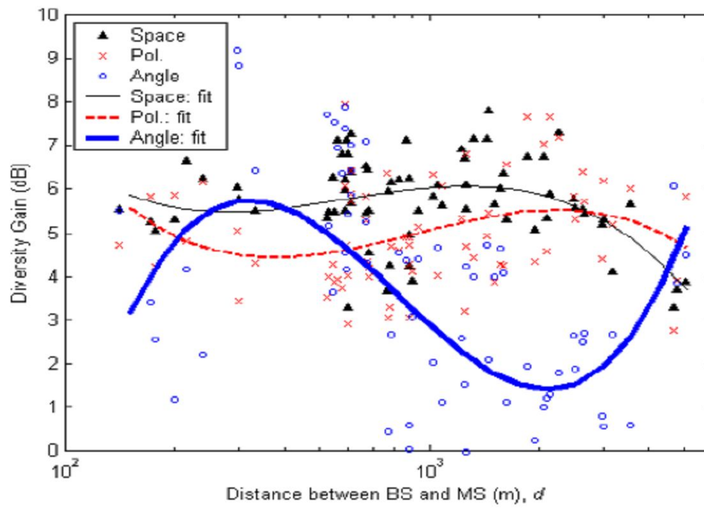
إن كلاً من ربح التنوع و ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب عند تطبيق تقنية الربط بالربح المتساوي يزداد بمقدار $1dB$ بالمقارنة معهم عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار بغض النظر عن المسافة و المستويات الاحتمالية. حيث أن المقارنة بين كفاءة نظام تنوع الفراغ و كفاءة نظام تنوع الاستقطاب لا تظهر فرقاً هاماً بين تقنية الربط بالاختيار و تقنية الربط بالربح المتساوي. إن الزيادة بمقدار $1dB$ تعتمد أيضاً على توجيه هوائي الجهاز المتنقل.

Probability in CDF	d = 300m		d = 2 km	
	SC	EGC	SC	EGC
1%	8.0 dB	10.1 dB	4.0 dB	6.0 dB
10%	3.6 dB	5.6 dB	0.5 dB	1.4 dB
50%	1.3 dB	2.9 dB	0 dB	-0.4 dB

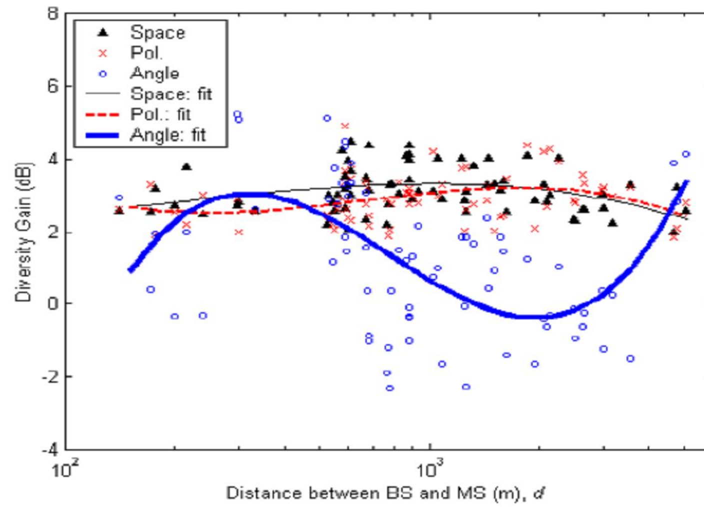
الجدول(٥-٢) مقارنة ربح التنوع لنظام تنوع الزاوية عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار و تقنية الربط بالربح المتساوي



(a) At the 1% level

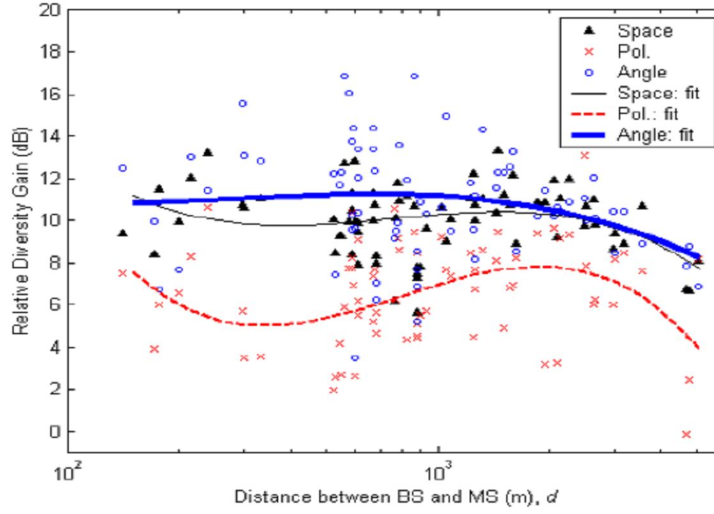


(b) At the 10% level

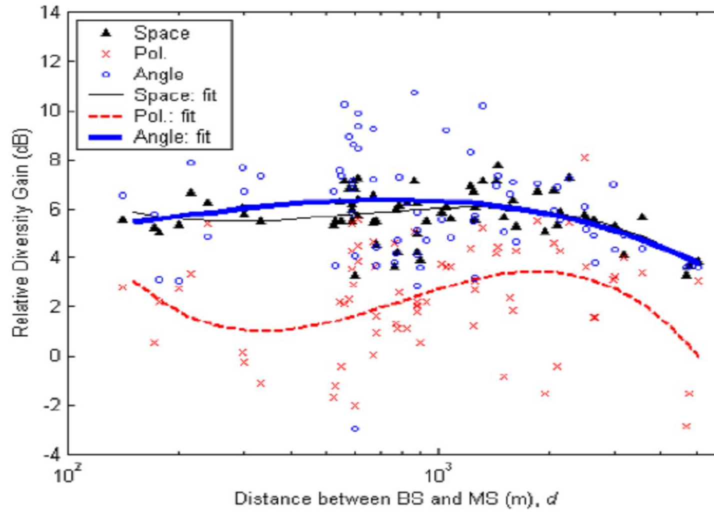


(c) At the 50% level

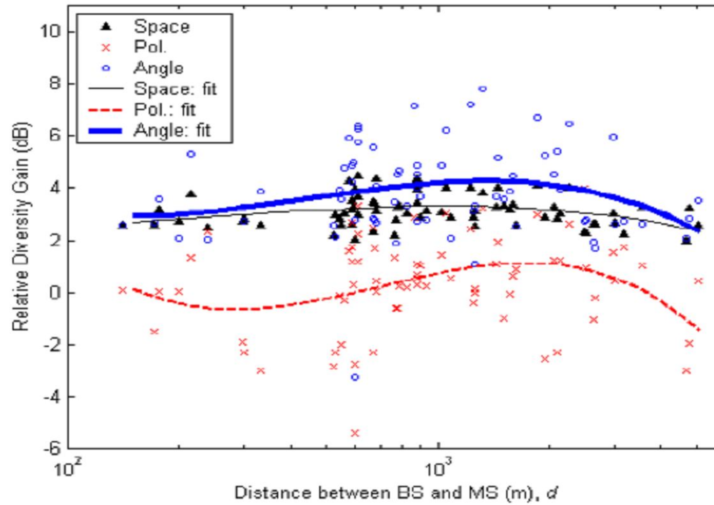
الشكل(٥-٧) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالربح المتساوي عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل شاقولي



(a) At the 1% level



(b) At the 10% level



(c) At the 50% level

الشكل(٥-٨) ربح التنوع باستخدام تقنية الربط بالربح المتساوي عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مقطباً بشكل أفقي

٥-٤ تنوع الزاوية عند ربط فرعي تنوع

Angle Diversity with Tow-Branch Diversity Combining

درسنا سابقاً كفاءة نظام تنوع الزاوية عند استخدام إشارة أربع فروع من بين ١٢ قناة باستخدام نظام تنوع الزاوية، كما في الشكل (٢-٦). لنعتبر M عدد الأقنية المطلوب لنظام تنوع الزاوية للحصول على ربط فعال للتنوع و التي تعتمد على الانتشار الزاوي المتعدد المسارات للبيئة المعطاة. فعالية نظام تنوع الزاوية عند ربط فرعين (M=2) المبينة بالشكل (٥-٩) محققة بعد أن تم تمثيل فعالية التنوع على الوصلة العكسية (uplink)حيث يمكن ربط اشارات الأقنية المتعددة المسارات بشكل فوري. في الوقت الحالي، تستخدم أنظمة الاتصالات هوائي مرسل وحيد لمحطة القاعدة في كل قطاع للوصلة الأمامية (Forward Link) عندما ينتقل المشترك من قطاع إلى آخر في بنية مؤلفة من ثلاثة قطاعات، عندئذ فان محطة القاعدة سترسل مباشرة الإشارات إلى المشترك من هوائيي الإرسال اللذين يغطيان قطاعات مختلفة و ذلك لدعم عملية المراسلة مع جهاز المشترك(hand off) . ترسل الإشارات المستقبلة مباشرة من هوائيي الإرسال لمحطة القاعدة و اللذان تم ربطهما باستخدام تقنية النسبة العظمى كما هو مبين بالشكل (٥-١٠). ويمكن استخدام النتائج التي يمكن الحصول عليها للتنبؤ عن أداء تنوع الوصلة الأمامية عند إرسال الإشارات المستقبلة على أفضل حزمتين من بين N حزمة ضيقة لهوائيات محطة القاعدة المبينة بالشكل (٥-٩). تمثل الأشكال من (٥-١١) إلى (٥-١٣) ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية الذي يستخدم الربط لفرعي و أربعة فروع. ربح التنوع النسبي عند المستوى ١% عند ربط فرعين اقل من ١ إلى ٢ ديسيبل بالمقارنة مع الربح الناتج عند ربط أربعة فروع وذلك في نظام تنوع الزاوية الذي يستخدم تقنية الربط بالاختيار كما في الشكل (٥-١١a). الربح النسبي لنظام تنوع الزاوية عند ربط فرعين هو نفسه لهذا النظام عند ربط أربعة فروع و ذلك عند المستويات الاحتمالية ١٠% و ٥٠% لتابع التوزيع التراكمي بتطبيق تقنية الربط بالاختيار كما في الأشكال (٥-١١c,b).

عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى فان ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية عند ربط فرعين أخفض من ١الى٢ ديسيبل عند المستوى ١٠% بالمقارنة مع الربح عند ربط أربعة فروع كما في الشكل (٥-١٢)، وعند تطبيق تقنية الربط بالربح المتساوي فان ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية عند ربط فرعين عند المستوى ٥٠% يمكن أن يكون أعلى بشكل ضئيل من الربح الناتج عند ربط أربعة فروع لمسافة تتراوح من ١km إلى 3.54 km كما في الشكل(٥-١٣). [٨].[١٨]

120° element

BFN BFN BFN

A_1 A_2 A_3 A_4 A_{12}

Duplexer

$N = 12$ $N = 12$

Reverse Link Beam Selector

Forward Link Beam Selector

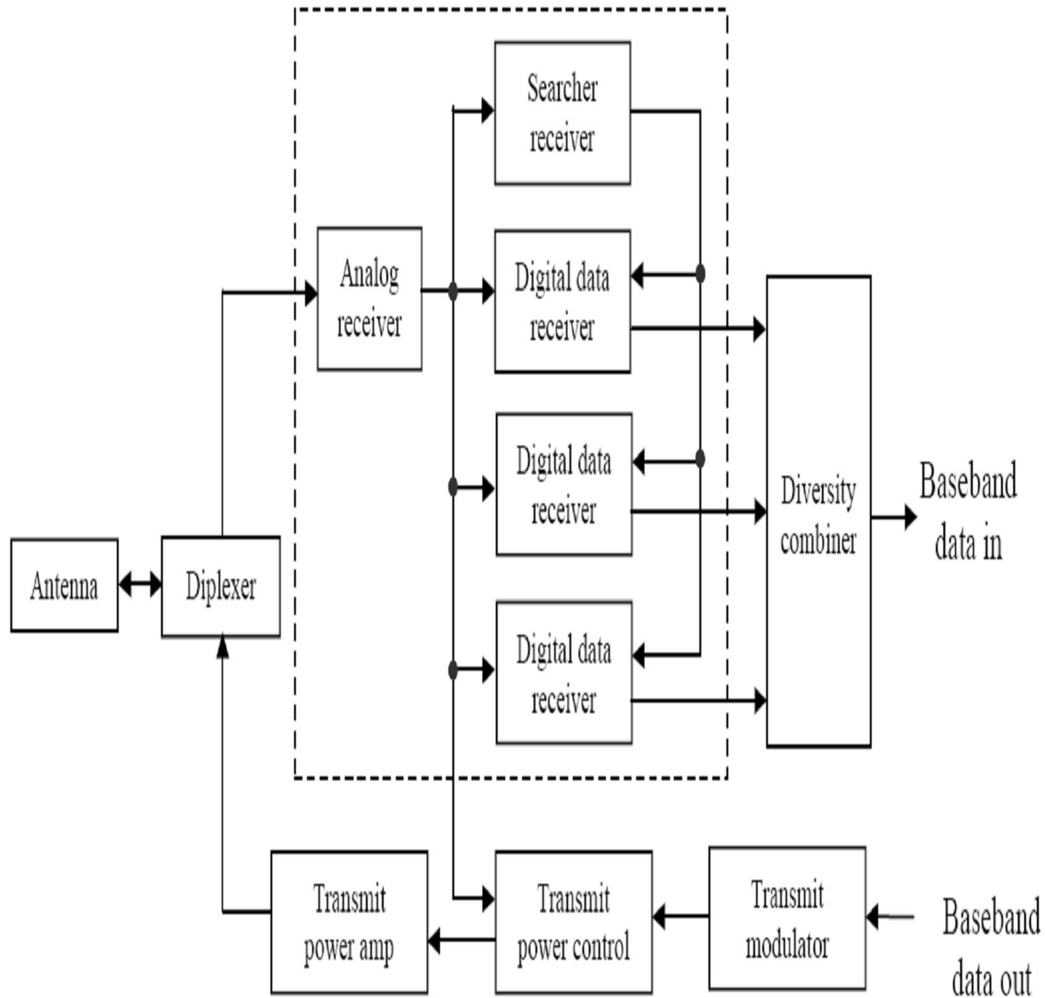
$M = 2$

Diversity or Adaptive Combiner

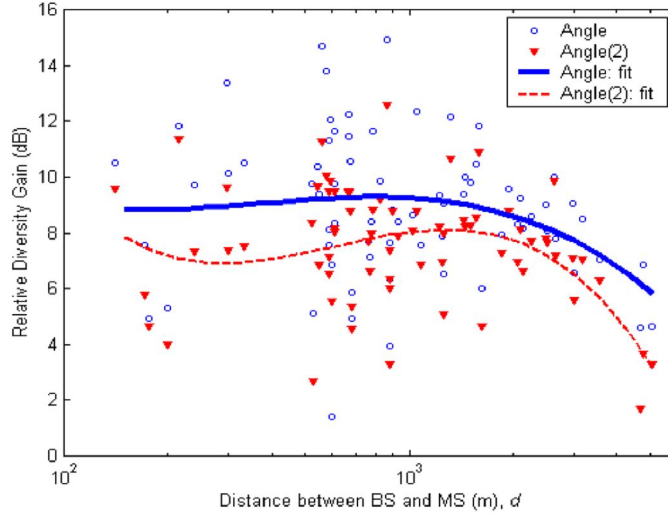
Rx signal for a user

Tx signal for a user

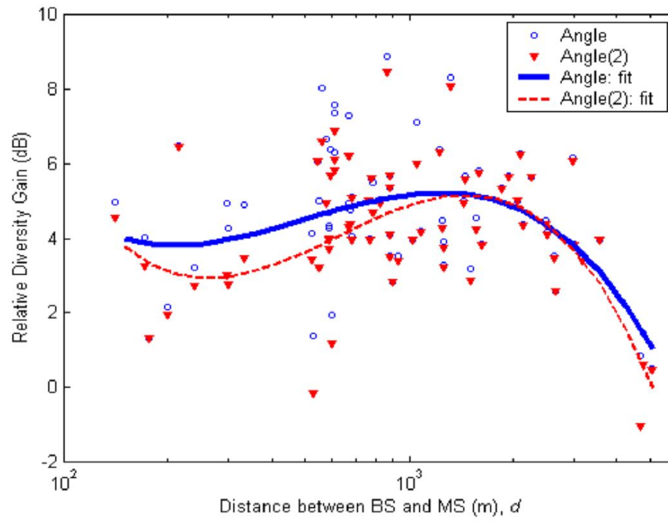
الشكل(٥-٩) نظام تنوع الزاوية عند ربط M فرع تنوع. نظام تنوع الزاوية بفرعين M=2 بدلا من M=4 مبين بالشكل (٢-٦).



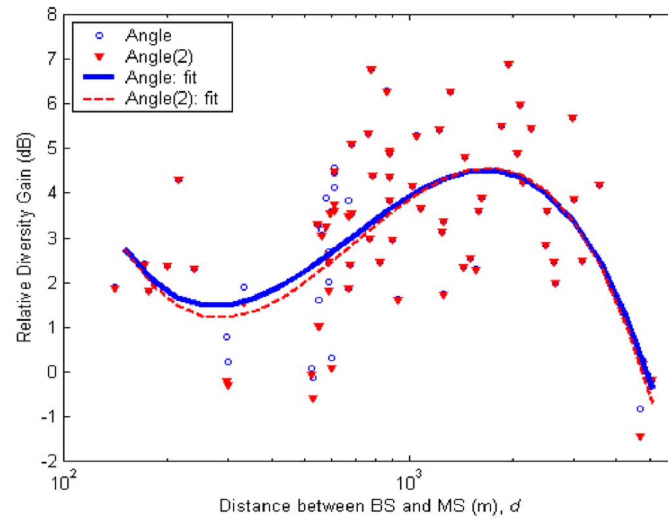
الشكل(٥-١٠) مخطط صندوقي للجهاز المتنقل، بحيث يمكن لهذا الجهاز ربط إشارات التنوع المستقبلة من هوائيات محطات القاعدة



(a) At the 1% level

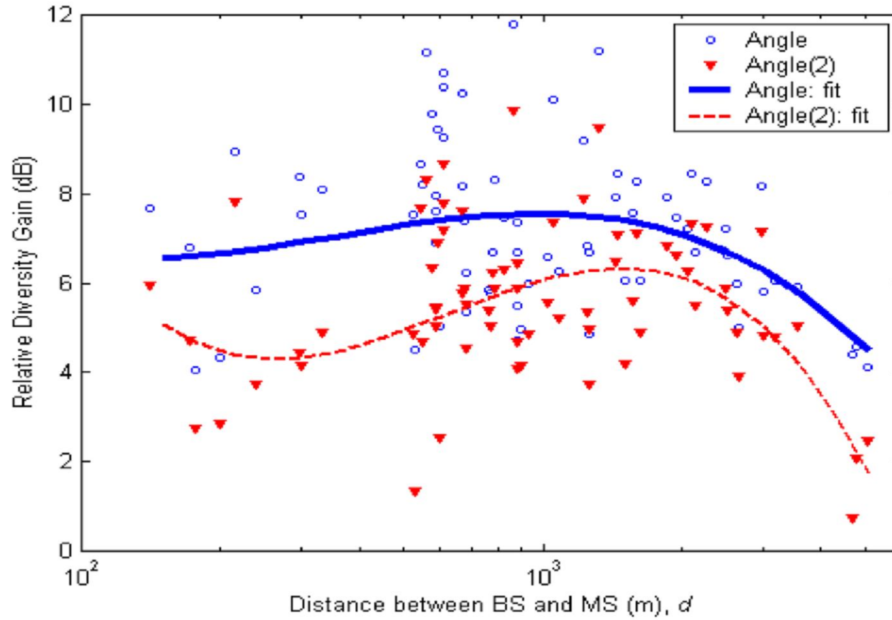


(b) At the 10% level

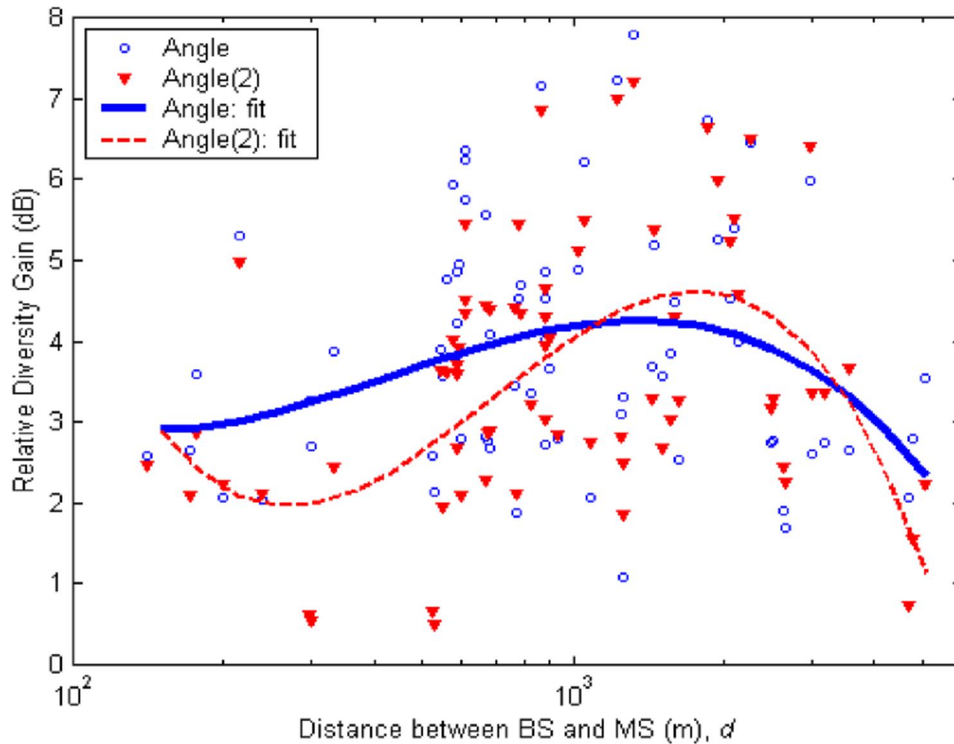


(c) At the 50% level

الشكل(٥-١١) ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين و أربعة فروع عند ثلاث مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون توجيه هوائي الجهاز المتنقل بشكل عمودي و بتطبيق تقنية الربط بالاختيار.



الشكل (٥-١٢) ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين و أربعة فروع عند المستوى ١٠% في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجه بشكل عمودي و بتطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى.



الشكل(٥-١٣) ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين و أربعة فروع عند المستوى ٥٠% في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي و بتطبيق تقنية الربط بالربح المتساوي.

٥-٥ فعالية التنوع في بيئة الضواحي
Diversity Performance for Suburban Environment

بشكل مغاير للمدن من المعروف أن ربح التنوع في أنظمة تنوع الفراغ و تنوع الاستقطاب سيكون أصغر في مناطق الضواحي و الأرياف، إلا أن الربح الفعال المتوسط للهوائي ذو الحزمة الضيقة يزداد في هذه البيئات. لذلك فإننا نستطيع أن نتوقع ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية و الذي يدمج كلا" من الربح الفعال المتوسط و ربح التنوع سيكون أكبر منه في أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب في الضواحي و الأرياف.

أولا": سنختبر أداء التنوع في حال الاتصال NLOS عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار. تظهر الأشكال (٥-١٤) و (٥-١٥) ربح التنوع عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار في بيئات الضواحي. من خلال قياس المعطيات في مثل هذه البيئات نجد أن القيم المتوسطة لربح التنوع في نظام تنوع الفراغ هي $9.6dB$ عند المستوى ١% و $5.4dB$ عند المستوى ١٠% و $2.6dB$ عند المستوى ٥٠%، كما هو مبين بالأشكال (٥-١٤) و (٥-١٥) و الملخصة في الجدول (٥-٣).

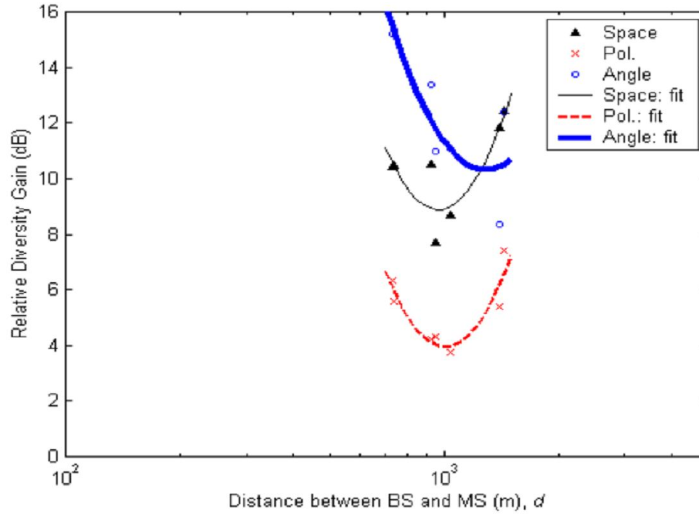
القيمة المتوسطة لربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية $G_{rdiv,A}$ هي: $11.3dB$ عند المستوى الاحتمالي ١% و $7.2dB$ عند المستوى ١٠% و $5.6dB$ عند المستوى الاحتمالي ٥٠% كما في الأشكال (٥-١٤) و (٥-١٥). من الواضح أن ربح التنوع النسبي باستخدام تقنية الربط بالاختيار في نظام تنوع الزاوية عادة يكون أكبر بكثير من الربح في نظام تنوع الفراغ بغض النظر عن توجيه الهوائي. عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي، فان القيمة المتوسطة لربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب $G_{rdiv,p}$ هي: $5.3dB$ عند المستوى الاحتمالي ١% ، $0.4dB$عند المستوى ١٠% و $-2dB$ عند المستوى ٥٠%، كما في الشكل (٥-١٤). من الملاحظ أن ربح التنوع النسبي عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار في نظام تنوع الاستقطاب هي نفسها تقريباً في نظام تنوع الفراغ عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل أفقي. هذا يعني أن فعالية تنوع الاستقطاب عموما" أدنى منها في نظام تنوع الفراغ في بيئات الأرياف و الضواحي.

ثانياً: سنختبر فعالية التنوع في بيئة الأرياف و الضواحي عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى. ربح التنوع النسبي عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى مبينة بالشكل (٥-١٦) حيث أن فعالية التنوع في نظام تنوع الفراغ و الزاوي باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى أكبر منها عند تطبيق تقنية الربط بالاختيار. ربح التنوع النسبي باستخدام تقنية الربط بالاختيار في نظام تنوع الزاوية أكبر بمقدار $1.7dB$ عند المستوى ١% منها عند تطبيق تنوع الفراغ

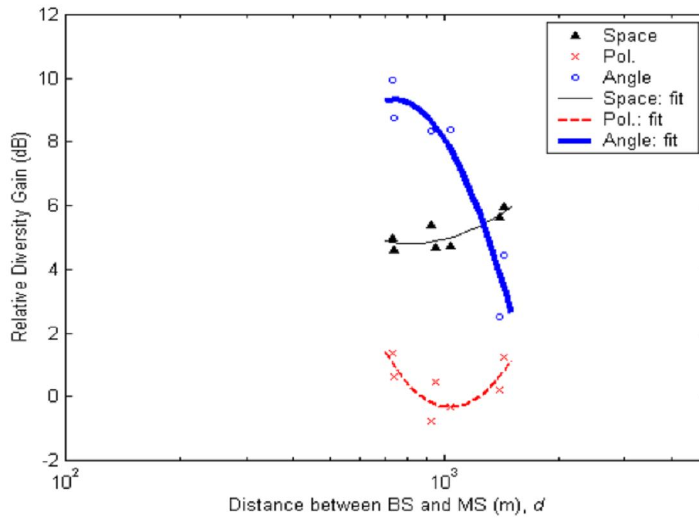
كما في الشكل(٥-١٤) و يلخص ذلك في الجدول (٥-٣) في المقطع (٦-٥) ، الربح النسبي للتنوع بتطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى في نظام تنوع الزاوية أكبر بمقدار $3dB$ عند المستوى ١% بالمقارنة مع الربح في نظام تنوع الفراغ و بتطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى كما في الشكل(٥-١٦).

ثالثاً : سنقارن فعالية التنوع في نظام تنوع الزاوية عند ربط فرعين. ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الزاوية بفرعين و أربعة فروع ممثل بالأشكال(٥-١٧) و (٥-١٨). ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بتطبيق تقنية الربط بالاختيار لربط فرعين تقريباً تكون نفسها عند ربط أربعة فروع كما في الشكل (٥-١٧). عند تطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين فان ربح التنوع النسبي يكون أخفض بشكل قليل منها عند ربط أربعة فروع كما في الشكل (٥-١٨).

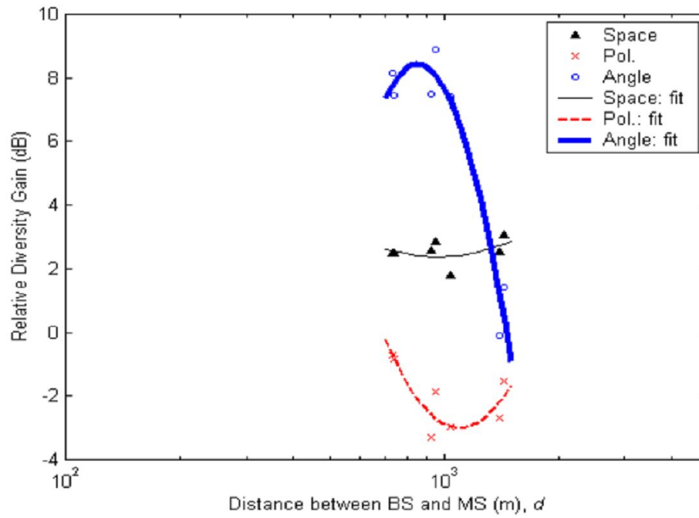
من الواضح نظام تنوع الزاوية هو أفضل اختيار من بين الطرق الثلاثة للتنوع في بيئات الضواحي NLOS بغض النظر عن تقنيات الربط. و أيضاً نظام تنوع الزاوية عند ربط أربعة فروع أفضل منه عند ربط فرعين في بيئات الضواحي.



(a) At the 1% level

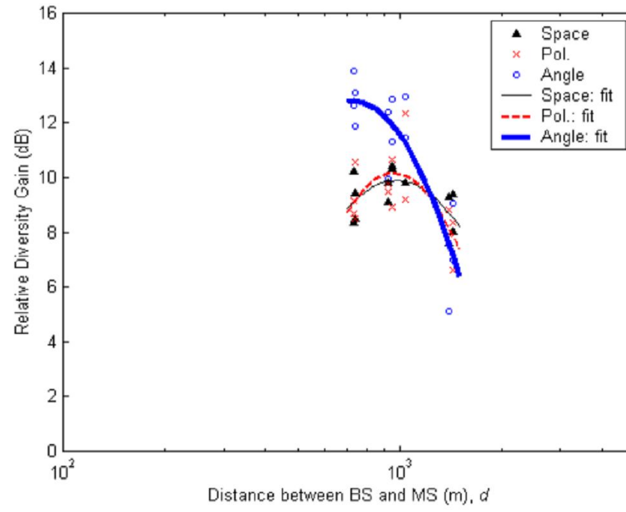


(b) At the 10% level

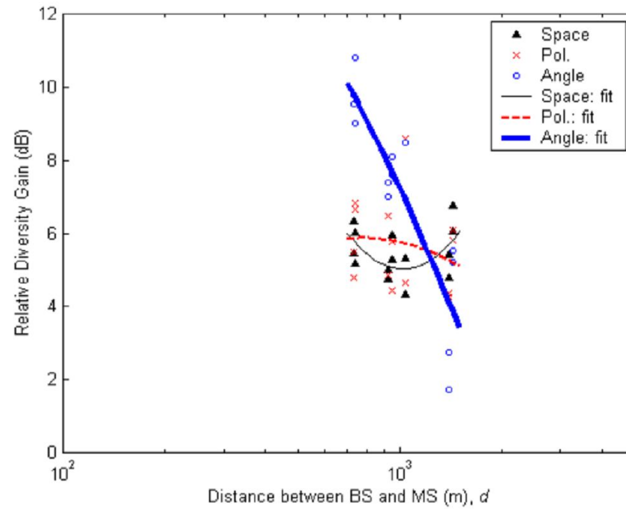


(c) At the 50% level

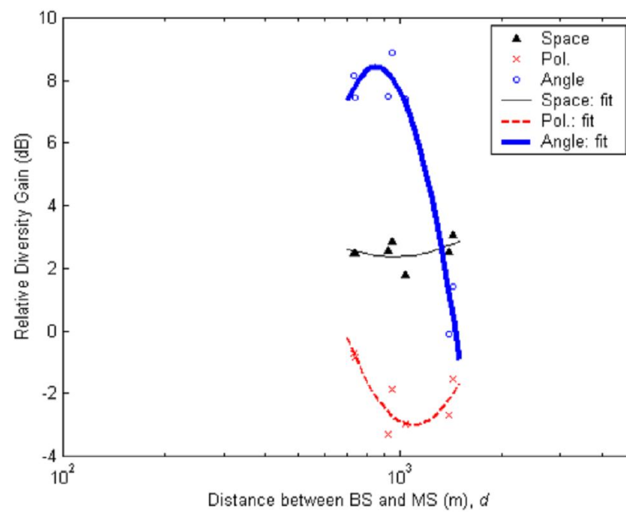
الشكل (٥-١٤) ربح التنوع النسبي باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند المستوى ٥٠%في بيئة الضواحي NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي.



(a) At the 1% level

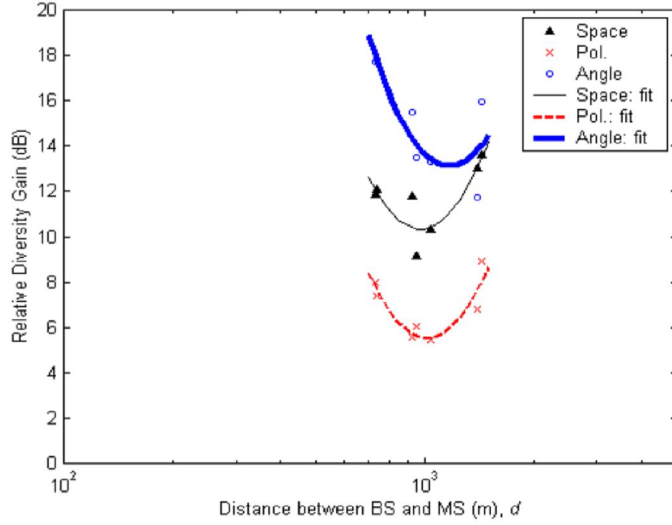


(b) At the 10% level

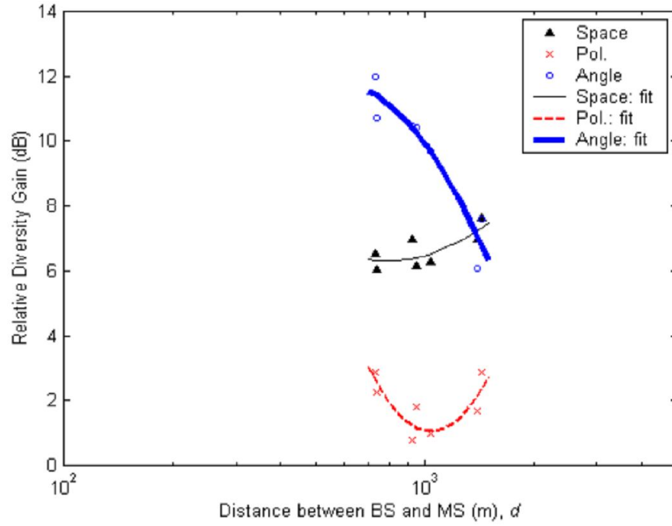


(c) At the 50% level

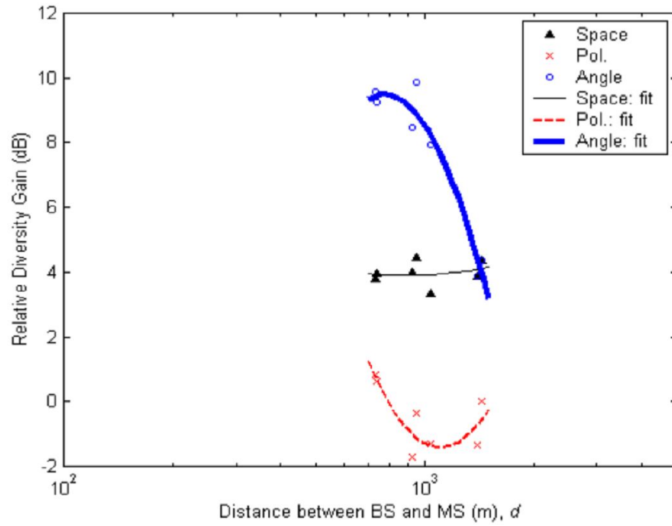
الشكل (٥-١٥) ربح التنوع النسبي باستخدام تقنية الربط بالاختيار عند ثلاثة مستويات احتمالية في بيئة الضواحي NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل أفقي



(a) At the 1% level

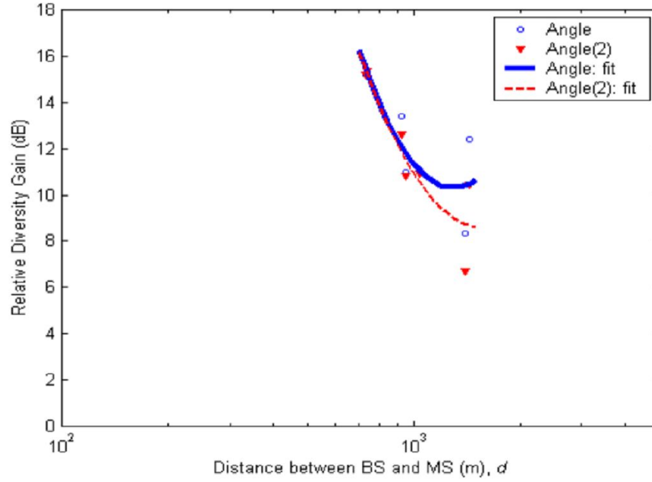


(b) At the 10% level

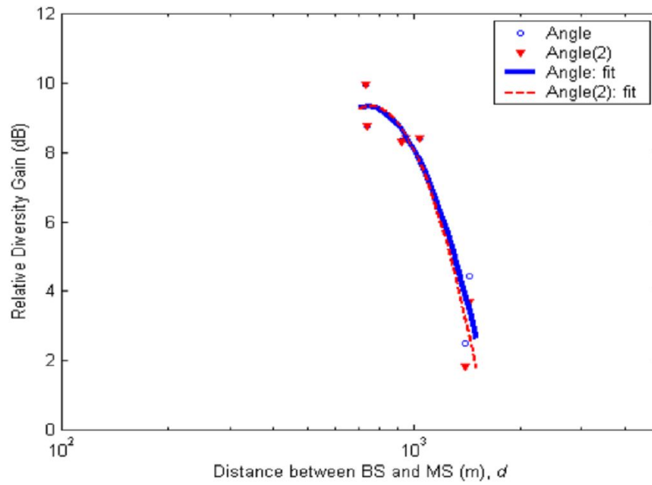


(c) At the 50% level

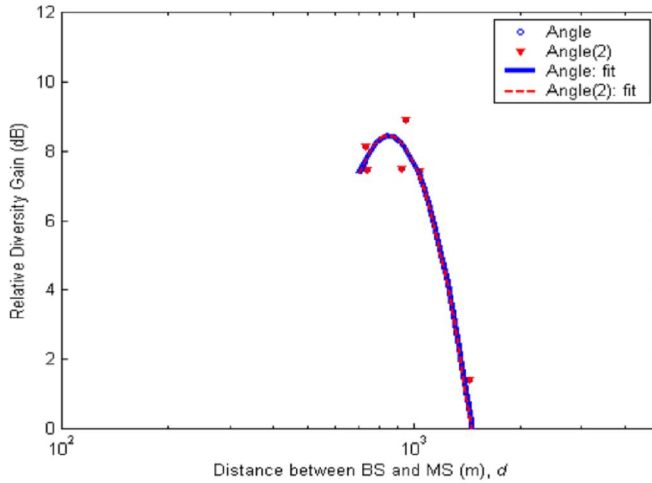
الشكل (٥-١٦) ربح التنوع النسبي باستخدام تقنية الربط بالنسبة العظمى عند ثلاثة مستويات احتمالية في بيئة الضواحي NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل أفقي.



(a) At the 1% level

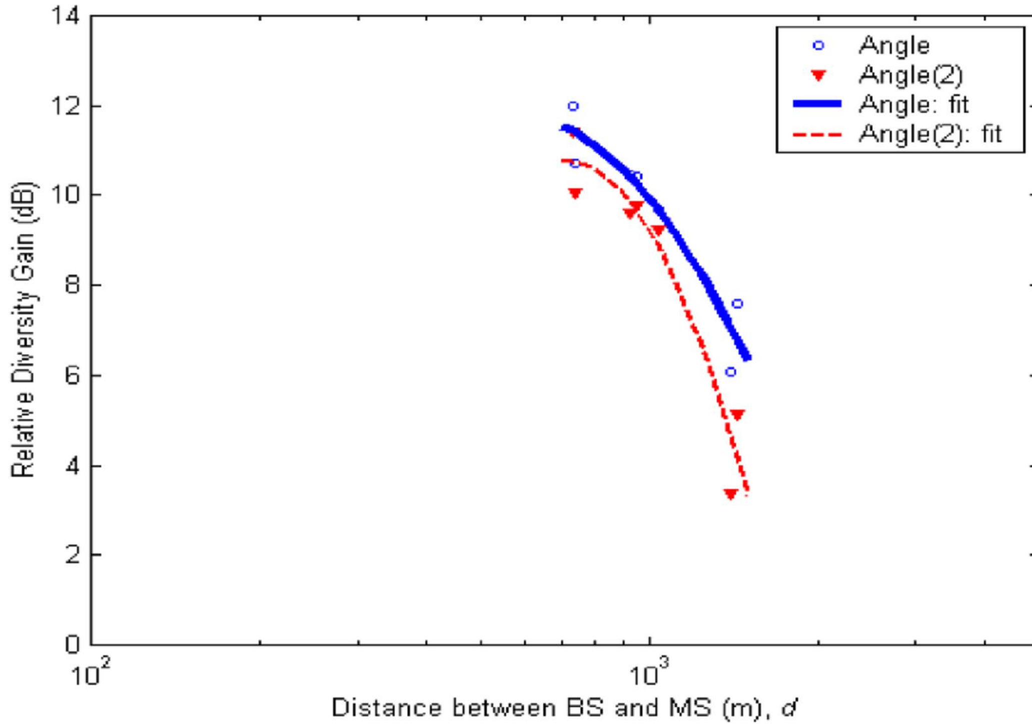


(b) At the 10% level



(c) At the 50% level

الشكل (٥-١٧) ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين و أربعة فروع عند ثلاثة مستويات احتمالية في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي و بتطبيق تقنية الربط بالاختيار



الشكل (٥-١٨)ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية بربط فرعين و أربعة فروع عند المستوى ١٠% في بيئة NLOS عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل عمودي و بتطبيق تقنية الربط بالنسبة العظمى

٥-٦ خلاصة و مناقشة حول طرق تنوع محطة القاعدة
Summary and Discussion about the Base Station Diversity Methods

يبين الجدول(٥-٣) ربح التنوع النسبي و ربح التنوع في بيئات مختلفة ، توجيهات هوائي الجهاز المتنقل و طرق ربط التنوع و مستويات احتمالية مختلفة . ربح التنوع في نظام تنوع الفراغ لا يظهر فروقات هامة لأنماط انتشار مختلفة في بيئة المدن. ربح التنوع النسبي في نظام تنوع الاستقطاب أفضل من الربح في نظام تنوع الفراغ عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل للمشترك موجهاً بشكل أفقي و لكنه يكون أسوء عندما يكون الهوائي موجهاً بشكل عمودي في البيئات NLOS. لذلك فانه من الأفضل اختيار طريقة تنوع الاستقطاب عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل مائلاً ومن غير المرغوب أن يكون توجيه الهوائي شاقولياً.

يقدم نظام تنوع الزاوية ربح تنوع عالي للمسافات القصيرة حيث أن الانتشارات الزاوية في مسارات متعددة تكون واسعة. و أيضاً ربح التنوع النسبي لنظام تنوع الزاوية ثابت تقريباً لمسافات مختلفة في بيئات المدن. تحسين فعالية الوصلة العكسية للمسافات القصيرة يتم بشكل حتمي عندما يتم التخلص من مشكلة قريب بعيد في أنظمة الاتصالات CDMA.

إن أعلى ربح فعال متوسط و أدنى ربح تنوع للمسافات الطويلة يشمل الهوائيات ذات الحزم الضيقة الثابتة المتعددة في نظام تنوع الزاوية و التي هي ميزة هامة جداً لإلغاء تداخل الأقنية المتماثلة بين الخلايا غير متجاورة و التي تعيد استخدام نفس الحزم الترددية في أنظمة الاتصالات الخليوية.

متوسط نسبة الإشارة إلى الضجيج و التداخل (SINR) في أنظمة ال CDMA للهوائيات ذات الحزمة الضيقة الثابتة المتعددة ستعدل بكمية مساوية للربح الفعال المتوسط على الوصلة الأمامية و الوصلة العكسية، في حين تزداد موثوقية الوصلة العكسية في نظام تنوع الزاوية.

يمكن تحسين أداء الوصلة العكسية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية بزيادة عدد عناصر الهوائيات المستقبلة لأنظمة التنوع. الا أن إضافة تجهيزات لتحسين الأداء سيزيد الكلفة.

<u>نظرياً:</u> من الممكن تحسين الموثوقية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية بزيادة عدد عناصر الهوائيات خلال أنظمة تنوع الفراغ و الاستقطاب. ومن ناحية أخرى ان نظام تنوع الفراغ يحتوي عملياً على عنصرين للهوائي خلال كل القطاع لبنية مكونة من ثلاثة قطاعات، لذلك يتطلب فصل كبير بين العناصر للحفاظ على معاملات الربط المنخفضة بين الأقنية. هوائيي تنوع الاستقطاب المفصول بينهما بشكل كبير تحتوي على أربعة فروع متوازنة و غير مترابطة، والتي تشكل عملياً العدد الأعظمي للفروع لربط التنوع الفعال في نظامي تنوع الفراغ و تنوع الاستقطاب. عدد عناصر الهوائيات لنظام تنوع الزاوية المطبقة في المصفوفات الخطية و شبكات تشكيل الحزم (BFN) لا تحدد بأربع عناصر فقط حيث أن نظام تنوع الزاوية يقدم أداء أفضل باستخدام عدد أكبر من أربعة عناصر للهوائيات و ومن خلال درتستنا نستطيع تلخيص فوائد و مساوىء طرق التنوع في الجدول (٥-٤) .

Environm.	# of Meas.	Diversity Combing	Prob. at CDF	Diversity Gain (dB)				Relative Diversity Gain (dB)		
				Space	Polarization		Angle	Polarization		Angle
					VP_{MS}[1]	HP_{MS}[2]		VP_{MS}	HP_{MS}	
Urban ($d < 1$ km)	122	SC[3]	10 %	4.8	3.8	5.0	2.6	0.9	6.2	4.8
			1 %	8.9	7.8	9.1	6.6	5.1	10.1	9.0
		EGC[4]	10 %	5.7	4.7	5.9	4.0	1.9	7.0	6.2
			1 %	9.8	8.7	10.0	8.6	6.0	11.0	11.0
		MRC[5]	10 %	6.3	5.3	6.5	5.1	2.4	7.6	7.4
			1 %	10.5	9.3	10.6	9.6	6.6	11.6	12.0
Urban ($d > 1$ km)	93	SC	10 %	4.9	4.4	4.6	1.3	2.0	7.2	4.6
			1 %	9.3	8.9	9.0	5.5	6.3	11.8	8.9
		EGC	10 %	5.7	5.3	5.6	2.7	2.9	8.2	6.1
			1 %	10.2	9.8	9.9	7.7	7.2	12.6	11.1
		MRC	10 %	6.3	5.9	6.1	3.9	3.4	8.7	7.2
			1 %	10.8	10.4	10.5	8.6	7.8	13.3	12.1
Suburban	21	SC	10 %	5.4	4.6	4.4	2.6	0.4	5.6	7.2
			1 %	9.6	9.1	8.5	6.5	5.3	9.2	11.3
		EGC	10 %	6.3	5.6	5.4	3.3	1.3	6.6	8.0
			1 %	10.4	10.1	9.5	8.2	6.3	10.2	13.0
		MRC	10 %	6.9	6.1	5.9	4.9	1.9	7.1	9.5
			1 %	11.1	10.7	10.0	9.4	6.9	10.7	14.1

الجدول (٥-٣) يبين ربح التنوع و ربح التنوع النسبي بالديسيبل

1VPMS: The orientation of the mobile terminal antenna is vertical
2 HPMS: The orientation of the mobile terminal antenna is horizontal
3 SC: Selection Combining
4 EGC: Equal Gain Combining
5 MRC: Maximal Ratio Combining

طريقة التنوع	المحاسن	المساوىء
الفراغ	١- ربح التنوع فيه مشابه تقريبا" لحالات مختلفة في بيئات المدن و الأرياف	١- فواصل كبيرة بين عناصر الهوائيات ٢- عدد عناصر الهوائي محدود عمليا" لكل قطاع في برج الخليوي
الاستقطاب	١- حجم صغير جدا" ٢- فعالية أفضل من تنوع الفراغ عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجهاً بشكل أفقي . ٣- يفضل في البيئات المزدحمة ٤- ذو فعالية جيدة عندما يكون المشترك داخل الأبنية	١- فعالية منخفضة عندما يكون هوائي الجهاز المتنقل موجه بشكل شاقولي ٢- تنقص فعاليته في بيئة الضواحي و الأرياف
الزاوية	١- ربح التنوع النسبي فيه مشابه للربح في تنوع الفراغ في المدن و لكنه أفضل في الضواحي و الأرياف ٢- ربح فعال متوسط عال في كل من الوصلة الأمامية و الوصلة العكسية ٣- يرفض تداخل الاتجاه ٤- حجم صغير ٥- مرغوب فيه في الخلايا الكبيرة الحجم لأنه يقدم أعلى ربح فعال متوسط للمسافات الطويلة	١- زيادة في التعقيد و الكلفة ٢- ينقص الربح الفعال المتوسط عند المسافات القصيرة في المدن المزدحمة ٣- غير مرغوب فيه في الخلايا الصغيرة الحجم لأنه ينقص الربح الفعال المتوسط عند المسافات القصيرة. ٤- ليحقق ربحاً فعالاً متوسطاً عالياً يجب زيادة ارتفاع هوائي محطة القاعدة ليصبح أعلى من الأبنية المحيطة.

الجدول (٥-٤) محاسن طرق التنوع المختلفة لمحطة القاعدة و مساوئها

الفصل السادس

محاكاة نظام تنوع بشكل عام باستخدام برنامج visual simulation

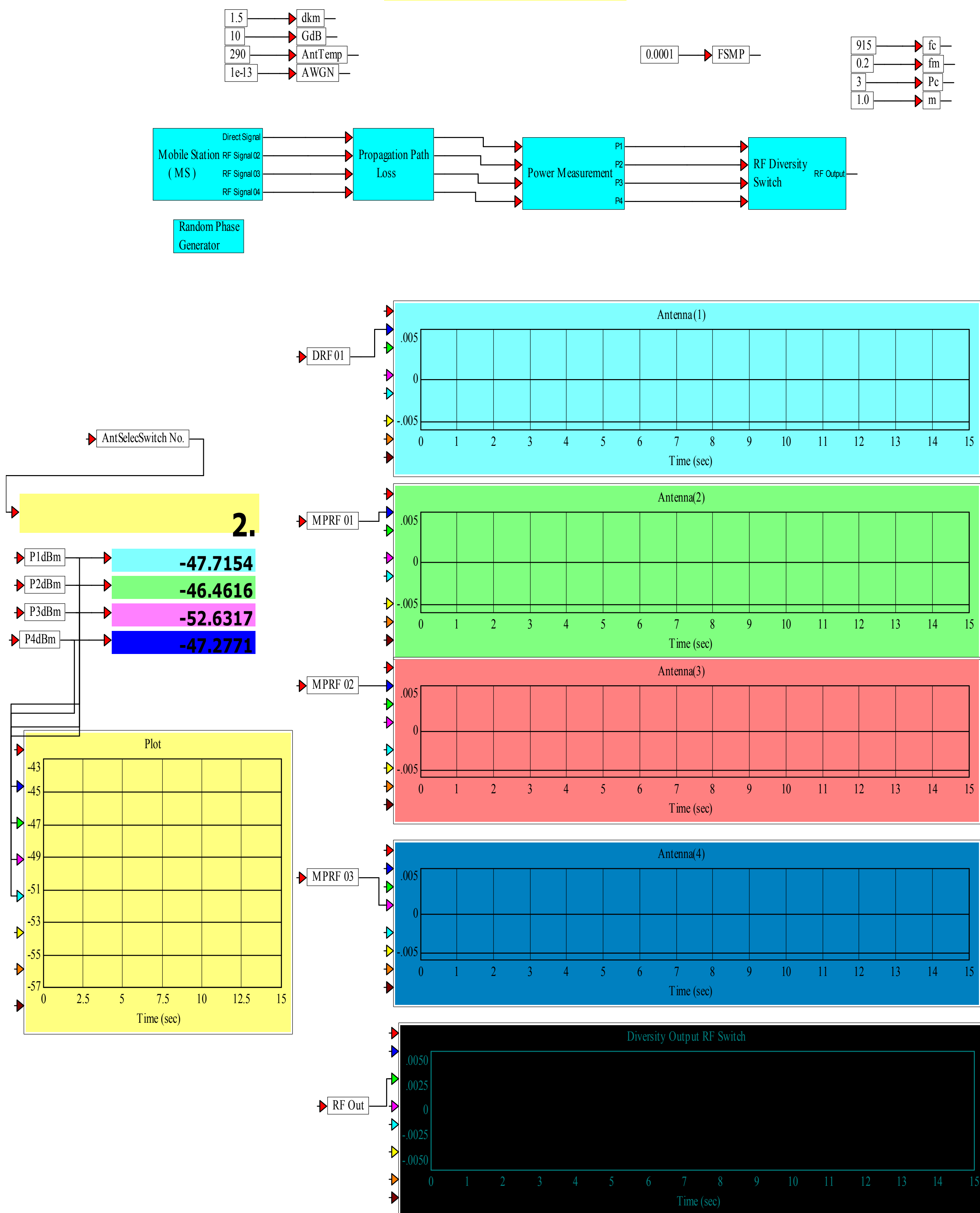
في هذا الفصل سنقدم محاكاة لنظام تنوع بشكل عام اعتماداً على الدراسة التي أجريناها سابقاً بحيث سنحصل بالنتيجة على أفضل اشارة على مدخل المستقبل من عدة إشارات تصل إليه بعد عدة انعكاسات على الأجسام المحيطة بمحطة القاعدة و الغاية الأساسية من هذه المحاكاة هي تحسين أداء الوصلة العكسية (من المشترك إلى محطة القاعدة) حيث أن طاقة الإرسال للمشترك تعتبر محدودة لذلك لابد من وجود نظام يدعم وصول الاشارة الى محطة القاعدة بشكل جيد أو أي إشارة لاسلكية من المرسل الممثل بالمستخدم إلى المستقبل الممثل بالمحطة المركزية.

في هذه المحاكاة سنستخدم إشارة AM كإشارة لاسلكية مرسلة من مستخدم ما و قد تم استخدام هذه الاشارة لسهولة التعامل معها و لكن مبدأ المحاكاة ثابت حيث نستطيع استبدال هذا التعديل بأي نمط تعديل آخر.

سنقوم في هذا الفصل بمحاكاة مرحلتين للاستقبال :

المرحلة الأولى:

سنعتبر أن الإشارة المستقبلة من قبل هوائي محطة القاعدة و المرسلة من قبل المشترك تصل بشكل مباشر أي وفق خط نظر LOS بالاضافة الى الإشارات الواردة إلى محطة القاعدة و الناتجة عن عدة انعكاسات و بالتالي لدينا عدة مسارات للإشارة. و الشكل(٦-١) يبين المخطط الصندوقي لهذه المرحلة.

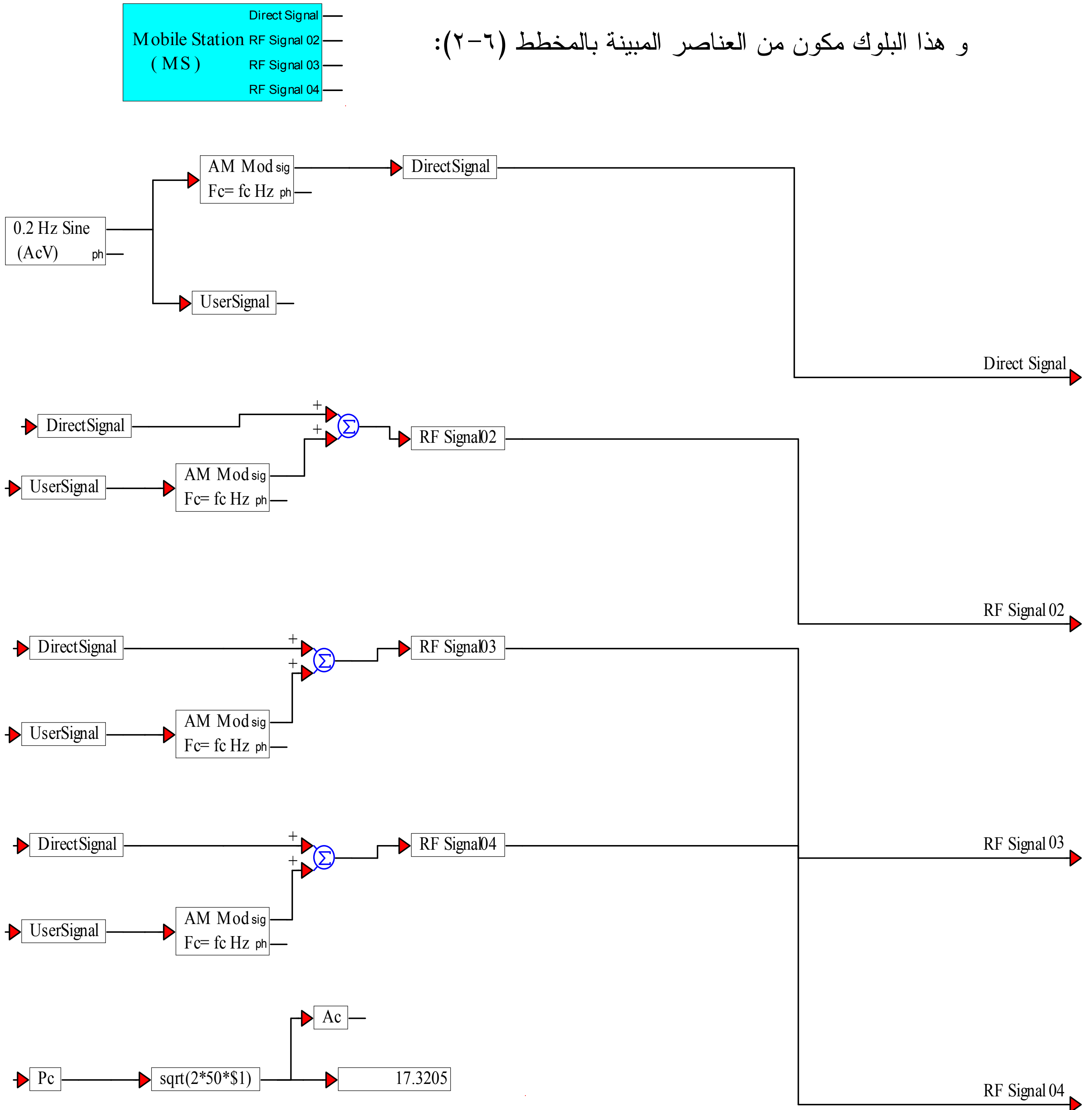


الشكل(٦-١) المخطط الصندوقي للمرحلة الأولى

تمثل هذه المرحلة بعدد من البلوكات و هي:

١- بلوك Mobile Station

و هذا البلوك مكون من العناصر المبينة بالمخطط (٦-٢):



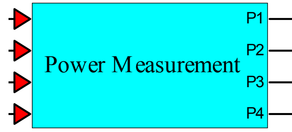
المخطط (٦-٢) يمثل البنية الداخلية لبلوك Mobile Station



٢-بلوك يمثل الضياع في مسار الانتشار

الشكل (٦-٣) يمثل البنية الداخلية لهذا البلوك حيث يتضمن هذا البلوك الضياع في المسارات الواردة الى هوائيات محطة القاعدة و التي تشمل الضياع للمسار المباشر بالإضافة إلى الضياعات للمسارات الناتجة عن عدة انعكاسات و وفق زوايا وصول مختلفة.

الشكل(٦-٣) البنية الداخلية لبلوك ضياع مسار الانتشار



٣-بلوك يمثل الطاقة الوسطية لكل اشارة مستقبلة

و الممثلة بنيته الداخلية بالشكل (٦-٤) حيث نحصل في خرج هذا البلوك على الطاقة الوسطية لكل إشارة مقدرة بالديسيبل.

1.65456e-8
sig Av. Power (W) rs
P1
10*log10($1*1000) P1dBm -47.8132

2.20336e-8
sig Av. Power (W) rs
P2
10*log10($1*1000) P2dBm -46.5691

5.37745e-9
sig Av. Power (W) rs
P3
10*log10($1*1000) P3dBm -52.6942

1.82731e-8
sig Av. Power (W) rs
P4
10*log10($1*1000) P4dBm -47.3819

P1
P2
P3
P4

الشكل(٦-٤) البنية الداخلية لقياس الطاقة الوسطية للإشارات المستقبلة



٤ – بلوك يمثل نظام التنوع

حيث يقدم هذا البلوك في خرجه أفضل إشارة مستقبلة بعد أن يتم انتقاؤها من عدة إشارة اعتماداً على مفتاح الاختيار المبين بالشكل (٦–٥).

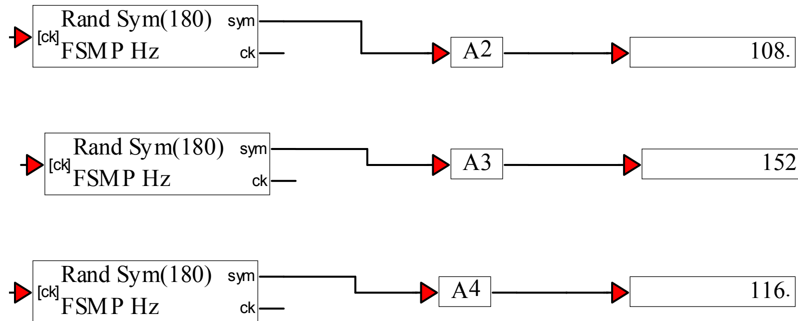
AntSelecSwitch No.
2
1
2Max
3Index
4
RF Out
RF Output
sel
1
2 RF Switch out
3
4
DRF 01
MPRF 01
MPRF 02
MPRF 03

الشكل(٦–٥) البنية الداخلية لنظام التنوع

Random Phase Generator

٥-بلوك الزوايا المتغيرة

حيث يمنح هذا البلوك قيم زوايا متغيرة تتراوح من ٠- ١٨٠ درجة و بشكل عشوائي باعتبار أن المشترك يتحرك حركة عشوائية و بالتالي فإن زوايا الوصول الى محطة القاعدة ستكون متغيرة بشكل عشوائي.و الشكل (٦-٦) يمثل البنية الداخلية لهذا البلوك.

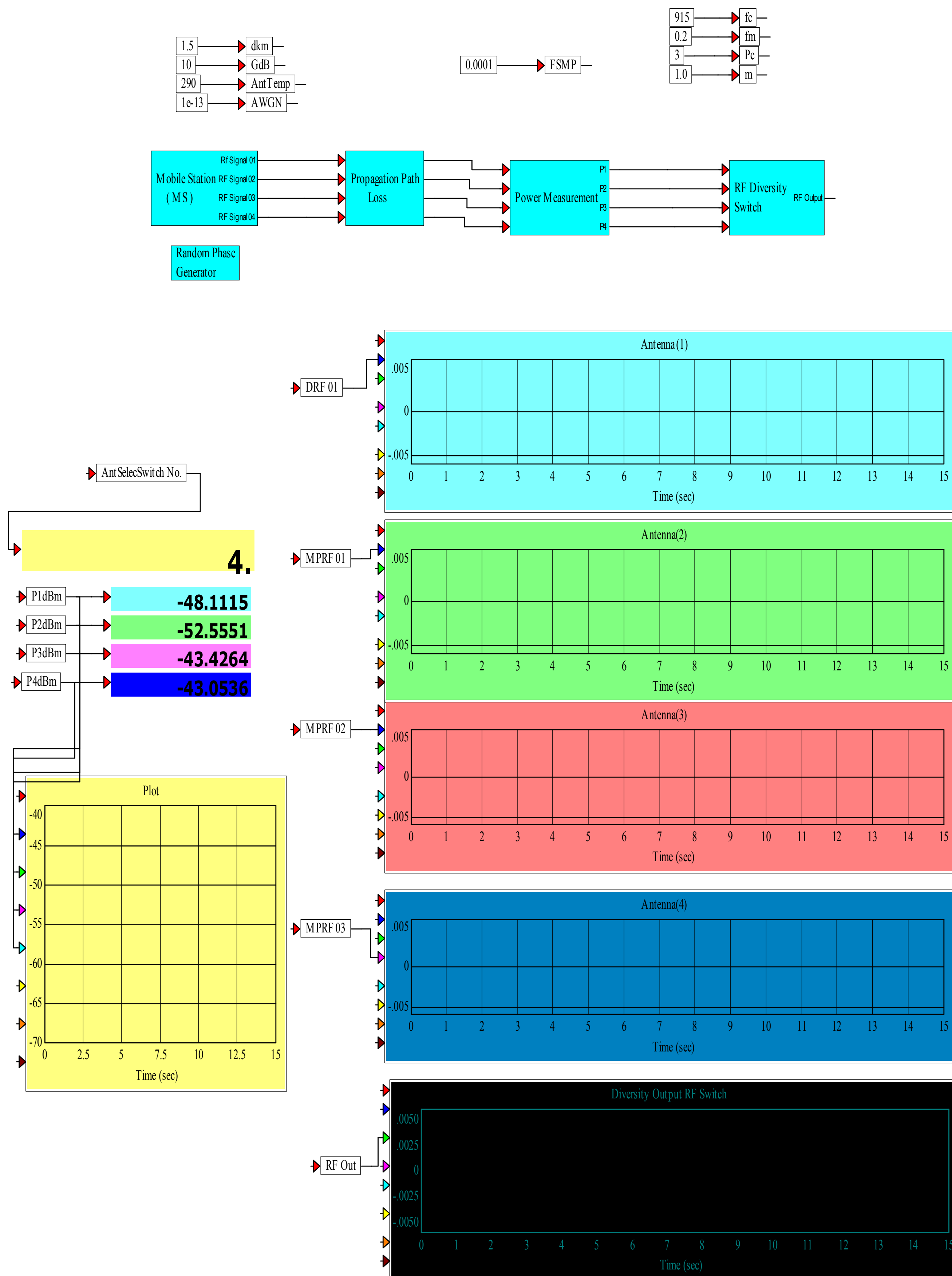


الشكل (٦-٦) البنية الداخلية لتوليد الزوايا العشوائية

المرحلة الثانية:

سنعتبر أن الاشارة المستقبلة من قبل هوائي محطة القاعدة و المرسلة من قبل المشترك تصل إلى محطة القاعدة عبرعدة انعكاسات عشوائية و لا تحتوي هذه المرحلة على وصول مباشر من المشترك الى المحطة (LOS) كما في المرحلة الأولى و إنما فقط (NLOS).

و الشكل (٦-٧) يمثل المخطط الصندوقي للمرحلة الثانية.



الشكل(٦-٧) المخطط الصندوقي للمرحلة الثانية

نتيجة المحاكاة:

الحصول على أفضل إشارة على مدخل المستقبل لمحطة القاعدة المرسلة من قبل المشترك و بالتالي تحسين أداء الوصلة العكسية بين المشترك و محطة القاعدة و تعميم هذه الحالة على جميع أنظمة الاتصالات اللاسلكية.

الأفاق المستقبلية

في هذا البحث قمنا بدراسة خصائص قناة النقل و دراسة أداء ثلاثة أنظمة من أنظمة التنوع تحت شروط متطابقة .

لا تحدد طرق التنوع بثلاثة فقط كما في دراستنا هنا و بالتالي سيتم توسيع دراستنا المستقبلية لتشمل أنظمة تنوع الزمن و التردد و كذلك توسيع الدراسة بإمكانية الربط بين هذه الأنظمة مع بعضها لتحقيق أداء أفضل . بالتالي ستكون الدراسة المستقبلية بإضافة تعقيد أكثر لأنظمة التنوع وذلك باستخدام أكثر من نظام تنوع في محطة قاعدة واحدة .

الملحقات

الملحق A

البارامترات المستخدمة في المقارنة بين تقنيات ربط التنوع باستخدام برنامج الماتلاب

نعتبر أنه لدينا مخطط ثلاثي للتنوع خرج كل واحد من الثلاثة موصول إلى مرشحات قبل عملية الربط.

$$y_i = a_i s + n_i ....i=1,2,3$$

حيث أن s هو عبارة عن رمز ثنائي ± 2 و كذلك a_i و $i = 1,2,3$ هي عبارة عن أرباح غوص المركبة لأقنية رايلي الثلاثية و التي من المفترض أن تكون ذات خفوت قليل و (n_i) هي عبارة عن ضجيج غوص المركب.

$$E\{|a_1|^2\} = \frac{1}{2}$$

$$E\{|a_2|^2\} = \frac{1}{3}$$

$$E\{|a_3|^2\} = \frac{1}{6}$$

$$R_{nn} = \begin{bmatrix} 1 & 0.4 & 0 \\ 0.4 & 0.8 & 0.4 \\ 0 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix}$$

و أوزان الربط لطرق الربط المختلفة محددة و باعتبار ربح غوص المركب 10.000 ، المعدل $E\{E_b / N_0\}$ يحسب من أجل قناة خفوت رايلي، و كذلك $E\{E_b / N_0\}$ يحسب في الحالة التي نعتبر فيها القناة (١) هي قناة رايسن و التي فيها $K = \frac{a^2}{2\sigma} = 1$ و $\frac{a^2}{\sigma^2} = 1$.

أولا بارامترات طريقة الربط بالاختيار

وزن الربط $\beta = [1 \quad 0 \quad 0]'$

قناة خفوت رايلي $E\{E_b / N_0\} = 0.9903$

قناة خفوت رايسن $E\{E_b / N_0\} = 1.9950$ في حال $a = \sqrt{\frac{1}{2}}$ و $K = \frac{a^2}{2\sigma^2} = 1$

$K=\frac{a^2}{\sigma^2}=1$ و $a=\frac{1}{2}$ في حال $E\{E_b/N_0\}=1.5050$

<u>ثانيا</u> طريقة الربط بالربح المتساوي EGC:

وزن الربط $\beta=[1\quad 1\quad 1]'$

قناة خفوت رايلي $E\{E_b/N_0\}=0.5039$

قناة خفوت رايسن $E\{E_b/N_0\}=0.7613$ في حال $a=\sqrt{\frac{1}{2}}$ و $K=\frac{a^2}{2\sigma^2}=1$

$K=\frac{a^2}{\sigma^2}=1$ و $a=\frac{1}{2}$ في حال $E\{E_b/N_0\}=0.6448$

<u>ثالثا</u> طريقة الربط بالنسبة العظمى

وزن الربط $\beta=a$

قناة خفوت رايلي $E\{E_b/N_0\}=2.6099$

قناة خفوت رايسن $E\{E_b/N_0\}=3.5941$ في حال $a=\sqrt{\frac{1}{2}}$ و $K=\frac{a^2}{2\sigma^2}=1$

$K=\frac{a^2}{\sigma^2}=1$ و $a=\frac{1}{2}$ في حال $E\{E_b/N_0\}=3.1207$

<u>رابعا</u> الربط بنسبة الإشارة إلى الضجيج العظمى:

وزن الربط $\beta=R_{nn}^{-1}.a$

قناة خفوت رايلي $E\{E_b/N_0\}=4.8880$

قناة خفوت رايسن $E\{E_b/N_0\}=6.4243$ في حال $a=\sqrt{\frac{1}{2}}$ و $K=\frac{a^2}{2\sigma^2}=1$

$K=\frac{a^2}{\sigma^2}=1$ و $a=\frac{1}{2}$ في حال $E\{E_b/N_0\}=5.6876$

References

[1] - L. P. Ager, R. J. Johnston, "An Interleaved Beam Diversity Antenna," IEEE AP-s. International Symposium Digest, pp. 2240-2243, 2002.

[2] -The American Radio Relay League, *The ARRL Handbook for Radio Amateurs*, 2001.

[3] - D. Asztely, "On Antenna Arrays in Mobile Communication Systems: Fast fading and GSM Base Station Receiver Algorithms," *tech. rep.,* Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, March, 2002

[4] - Barry D. Van Veen and Kevin M. Buckley, "Beam forming: A Versatile Approach to Spatial Filtering," *IEEE ASSP Magazine*, April 2003

[5] - C. Beckman and U. Wahlberg, "Antenna Systems for Polarization Diversity", *Microwave Journal*, pp. 330-334, May 2004

[6] - Paulo Cardieri, *Resource Allocation and Adaptive Antennas in Cellular Communications*, Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, September 2005

[7] - B. S. Collins, "Polarization Diversity Antennas for Compact Base Stations", *Microwave Journal*, pp. 76-88, January 2005.

[8] - S. Choi, D. Shim, and T. K. Sarkar, "A Comparison of Tracking-Beam Arrays and Switching-Beam Arrays Operating in a CDMA Mobile Communication Channel,"*IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 41, No 6, December 2002.

[9] - Allen L. Davidson and William J. Turney, "Mobile Antenna Gain in Multipath Environment at 900 MHz," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-26,No. 4, pp. 345-357, November 2004.

[10] - Monica Dell'Anna and A. Hamid Aghavami, "Performance of Optimum and Suboptimum Combining at the Antenna Array of a W-CDMA System," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 17, No. 12, pp. 2123-2137,December, 2004.

[11] - C. B. Dietrich, Jr., "Adaptive Arrays and Diversity Antenna configurations for Handheld Wireless Communication Terminals," *Ph.D. Dissertation*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Feb. 2006.

[12] - Gregory D. Durgin, Theodore S. Rappaport, "Theory of Multipath Shape Factors for Small-Scale Fading Wireless Channels," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, Vol. 48, pp. 682-693, May 2004.

[13] - P. Eggers, J. Toftgard, and A. Oprea, "Antenna systems for base station diversity in urban small and micro cells," *IEEE Journals on Selected Areas on Communications*, Vol. 7, pp. 1046-1057, September, 2002.

[14] - Technical Brief, "Polarization diversity", EMS Wireless, EMS 95019.
Technical Brief, "Operational field tests for DualPolTM cellular antenna", EMS Wireless, EMS 10/12/2001.

[15]- R. B. Ertel, “Antenna Array Systems: Propagation and Performance,” *Ph.D.Dissertation*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Jul. 2007.

[16]- J. J. A. Lempiainen and J. K. Laiho-Steffens, “The Performance of Polarization Diversity Schemes at a Base Station in Small/Micro Cells at 1800 MHz”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 47, No. 3, pp. 1087-1092, August 2002.

[17] - Ta-Sung Lee and Teng-Cheng Tsai, “A Beamspace-Time Interference Cancelling CDMA Receiver for Sectored Communications in a Multipath Environment,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications,* Vol. 19, No. 7, pp 1374- 1384, July 2007.

[18] - Koichi Ogawa, Toshimitsu Matsuyoshi, and Kenji Monma, “An Analysis of the performance of a Handset Diversity Antenna Influenced by Head, Hand, and Shoulder Effect at 900 Mhz: Part I – Effective Gain Characteristics,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 50, No. 3, pp. 830-844, May 2007.

[19] - Jack H. Winters, Jack Salz, and Richard D. Gitlin, “The Impact of Antenna Diversity on the Capacity of Wireless Communication Systems,” *IEEE Transactions on communications*, vol. 42, No 2/3/4, pp. 1740-1751, February/March/April, 2003.

[20] - Gregory D. Durgin. *Space-Time Wireless Channels*. Prentice Hall, New Jersey, 2006.

[21] - G. J. Foschini. Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment t when using multiple antennas. *Bell Labs Technical Journal*, 1(2):41–59, Autumn 2003.

[22] - Angel Lozano, Farrokh R. Farrokhi, and Reinaldo A. Valenzuela. Lifting the limits on high-speed wireless data access using antenna arrays. *IEEE Communications Magazine*, pages 156–162, September 2004.

[23] - John G. Proakis. *Digital Communications*. McGraw Hill, New York, 4th edition, 2003.

[24] - I. Emre Telatar. Capacity of multi-antenna gaussian channels. Technical Memorandum, Bell Laboratories,
Lucent Technologies, October 2003.

[25] T. Rappaport, “Wireless Communications: Principles and Practice”, Second Edition, Prentice Hall, 2006.

[26] B. Sklar, “Digital Communications: Fundamentals and Applications”, Second Edition, Prentice Hall, 2005.

[27] J. G. Proakis, M. Salehi, “Communication systems Engineering”, Second Edition, Prentice Hall, 2006.

University of Aleppo
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
communication Department



Diversity Systems in Digital Communication of Multimedia

This Thesis is Submitted to Obtain the Master Degree in communication Engineering

By

Dipl. Eng. Khaled AL-Hameed
Master Student
Department of communication Engineering
Faculty of Electrical &Electronic Engineering
University of Aleppo

Supervised By

Dr. Abedl Mounem Alabdullh
Associate Professor at the
Department of communication Engineering
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
University of Aleppo

Dr. Thaer Daoud
Department of communication Engineering
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
University of Aleppo

2009
1430

University of Aleppo
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
communication Engineering Department



Diversity Systems in Digital Communication of Multimedia

This Thesis is submitted to obtain the Master Degree in communication Engineering

By

Eng. **Khaled alhameed**
Postgraduate Student
Department of communication Engineering
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
Aleppo University

2009
1430

Abstract

Smart antenna systems are employed to overcome multipath fading, extend range, and increase capacity by using diversity or beam forming techniques in wireless communication systems. Understanding of the smart base antenna performance mechanisms for various environments is important to design cost effective systems and networks. This dissertation focuses on the experimental characterization and modeling of the smart base station antenna performance for various propagation environment scenarios.

An eight-channel Virginia Tech smart base station antenna test bed was developed to investigate performances of three reverse link diversity methods. The experiment campaign resulted in 245 sets of collected data over 83 measurement sites, which were used to compare the performance of space, polarization, and angle diversity under identical conditions. Measured propagation path loss, envelope correlation coefficients, power imbalances, and mean effective gain (MEG) are characterized as a function of distance between the base station and the mobile terminal to illustrate the diversity performance mechanisms over different propagation environments. The performance of the three base station diversity methods with selection combining (SC), maximal ratio combining (MRC), and equal gain combining (EGC) techniques for both urban and suburban non-line-of-sight (NLOS) environments are presented and summarized using the measured data.

Forward-link performance of a twelve-fixed narrow-beam base station antenna system for urban NLOS environments is investigated using the same measured data. A new procedure is introduced to experimentally model the forward-link performance of multiple-fixed narrow-beam

(MFNB) antennas using the measured reverse-link vector channel response. The experimentally calculated lower bound performance result shows that it achieves 2.5 to 2.8 times higher average RF SIR compared to the conventional three-sector base station system for typical urban NLOS multipath fading environment conditions. Also, a new mobile user angle estimation algorithm using the multiple-fixed narrow-beam antennas for NLOS multipath fading environment conditions is developed and the experiment results are presented.